

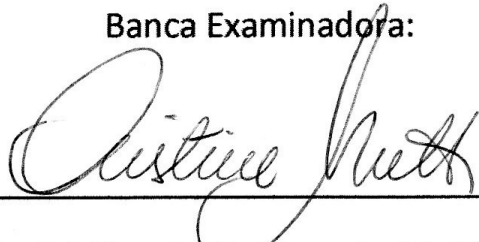
JOÃO PAULO BATISTA DA SILVA

EXECUÇÃO DE UMA OBRA EM LONDRES: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do diploma de grau de Engenharia Civil.

Florianópolis, 22 de Novembro de 2016.

Banca Examinadora:

A handwritten signature in black ink, reading "Cristine Mutti", is written over a horizontal line.

Prof.a Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Orientadora

Prof. a Fernanda Fernandes Marchiori Dr.

Eng.Civil Paulo Eduardo Bridi

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO TECNOLÓGICO – CTC

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOÃO PAULO BATISTA DA SILVA

EXECUÇÃO DE UMA OBRA EM LONDRES: UM ESTUDO DE CASO

FLORIANÓPOLIS

2016-2

JOÃO PAULO BATISTA DA SILVA

EXECUÇÃO DE UMA OBRA EM LONDRES: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do diploma de grau de em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

FLORIANÓPOLIS

2016-2

Aos meus pais Clóvis e Maria, que são meus eternos alicerces, e que iluminam meus caminhos com seu exemplo de dedicação e amor.

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Cristine Mutti, que me inspirou com sua energia e entusiasmo durante as aulas e que gentilmente aceitou me orientar. Muito obrigado professora pelo carinho e por toda a ajuda prestada ao longo desta caminhada.

Ao Prof. Cláudio Zimmermann, um ser iluminado com um enorme coração e alma nobre, que entrou em minha vida logo no início da faculdade através do PET-ECV, e que foi muito além de ser um grande tutor, atuou como conselheiro, amigo e pai.

Ao Silvio Dantas, da Alandale Logistics que me apresentou à equipe da Mace Group, e permitiu meu acesso ao canteiro de obra deste estudo de caso. E a toda a equipe da Mace Group, que gentilmente atenderam as minhas perguntas e me mostraram toda a obra.

A meu irmão Luiz Felipe e meu primo Carlos Eduardo que me apoiaram nos momentos de dúvidas, e me incentivaram a continuar buscando meus objetivos.

A todos os meus colegas de classe da turma 11.1 que me ajudaram nos infintos trabalhos e estudos, que elevaram minhas expectativas sobre meu próprio potencial e que levarei como amigos para sempre.

Ao Pai Celestial.

“Ipsa scientia potestas est (Conhecimento é poder)”
(Sir Francis Bacon, 1597)

RESUMO

A indústria da construção civil no Brasil apresenta grandes dificuldades no que diz respeito à produção de maneira industrial. Ainda constrói-se primordialmente de maneira tradicional, dependendo de muita mão de obra e pouca mecanização e industrialização. Sabe-se que a escolha de técnicas construtivas tem impacto direto sobre a duração e o custo da obra. Outro fator que influi diretamente sobre a construção são as ferramentas de projeto e planejamento. Esta pesquisa se caracteriza como estudo de caso e teve a colaboração de uma construtora britânica com atuação internacional. Foram coletados dados, de um empreendimento ao longo de um ano, buscando entender diversos aspectos da obra tais como, qual tecnologia utilizada durante a execução dos projetos especialmente em relação à metodologia BIM, e como estas se encaixam nos princípios *Lean Construction*, quais as ferramentas utilizadas para o planejamento, quais as técnicas construtivas, o funcionamento da logística dentro e fora do canteiro. Buscou-se entender como esses fatores influenciam no andamento da construção. Resultados mostraram que a utilização de BIM, o uso de técnicas industrializadas e o embasamento do planejamento a partir da filosofia *Lean*, caracterizam a obra deste estudo de caso.

Palavras-chave: BIM. Lean construction. Industrialização da construção. Indústria da construção civil britânica.

ABSTRACT

The construction industry in Brazil presents great difficulties related to the production in industrial way. This industry still applies traditional tools, with high dependence on manpower and using antiquated building techniques. It is known that the choice for construction techniques has direct impact on the duration and cost of the construction. Other factors that influence construction are the design and planning tools used during the initial stages. This research is characterized as a case study and had the collaboration of a British construction company with international operations. Data, was collected over a year, seeking to understand various aspects of the construction work such as, the technology used during the execution of the projects, which the tools were used for planning, which construction techniques were chosen, the operation of logistics within and off-site, trying to understand how these factors influence the progress of construction. Results have shown that the use of BIM, industrialized constructions systems and a lean based planning are some of the main characteristics of the construction site where this study was made.

Keywords: BIM. Lean construction. Industrial construction. British construction industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas envolvidas no BIM	21
Figura 2 - Vista da fachada renderizada	37
Figura 3 - Localização canteiro de obras.....	38
Figura 4 - 8 Canada Square, Shard, Gherkin respectivamente	40
Figura 5 - Planta Baixa.....	42
Figura 6 - Forma Trepante	43
Figura 7 - Detalhe da Forma Trepante.....	44
Figura 8 - Projeto do núcleo.....	44
Figura 9 - Montagem da armadura dentro do núcleo	45
Figura 10 - Formas dentro do núcleo.....	46
Figura 11 - Gruas	47
Figura 12 - Bomba com lança para concretagem	48
Figura 13 - Recebimento dos módulos das áreas molhadas	49
Figura 14 - Módulo de banheiro esperando conexão	50
Figura 15 - Fosso à espera das escadas pré-moldadas	51
Figura 16 - Escada Pré-moldada instalada	51
Figura 17 - Coluna pré-moldada	52
Figura 18 - Transporte de Fachada	53
Figura 19 - Instalação da Fachada.....	54

Figura 20 - Conferência da Laje.....	54
Figura 21 - Divisória em gesso acartonado	55
Figura 22 – Proteção contra vento	59
Figura 23 – Guarda corpo	59
Figura 24 - Guarda corpo escada	60
Figura 25 - Painel de Segurança.....	61
Figura 26 - Botão de emergência.....	62
Figura 27 - Sinalização.....	63
Figura 28 - Equipe de logística	63
Figura 29 - Escritório MACE	66
Figura 30 - Mapa com localização das frentes de obra	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Contribuição da construção civil para a economia	17
Quadro 2 - Contribuição por setor.....	18
Quadro 3 - Prioridades estratégicas	19
Quadro 4 - Softwares BIM	22
Quadro 5 - Dados do Empreendimento.....	39
Quadro 6 – Técnicas X <i>Lean</i>	56
Quadro 8 - Características da gestão	68

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Nível de maturidade BIM	24
Diagrama 2 - Fluxograma Metodologia	34
Diagrama 3 - Gestão de Contratos.....	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Objetivos	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.1.1. Objetivos Específicos	15
1.1.2. Limitações e Delimitações	15
1.3. Estrutura do Trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. A indústria da construção civil britânica.....	17
2.2. BIM.....	20
2.3. Filosofia Lean	26
2.3.1. Lean Production	26
2.3.2. Lean Construction	27
2.3.2.1. Redução das parcelas de atividades que não agregam valor	27
2.3.2.2. Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente.....	28
2.3.2.3. Redução de variabilidade.....	28
2.3.2.4. Redução de tempo de ciclo	28
2.3.2.5. Minimização do número de passos e partes	29
2.3.2.6. Aumento da flexibilidade na execução do produto.....	29
2.3.2.7. Aumento da transparência	29
2.3.2.8. Foco no controle de todo o processo.....	29
2.3.2.9. Estabelecimento de melhoria contínua ao processo	30
2.3.2.10. Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões	30
2.3.2.11. Benchmarking	30
2.4. Gestão	31
2.4.1. Planejamento.....	31
2.4.1.1. Longo Prazo.....	31
2.4.1.2. Médio Prazo	31
2.4.1.3. Curto Prazo.....	32

2.5. Custos de mão de obra	32
3. MÉTODO	34
3.1. Caracterização da pesquisa	34
3.2. Seleção da empresa	35
3.3. Instrumentos de coleta e análise de dados	36
4. RESULTADOS	37
4.1. Dados iniciais sobre o estudo de caso	37
4.2. Dados sobre a construtora	39
4.3. Contexto da Obra	39
4.4. Técnicas construtivas	43
4.4.1. Forma trepante	43
4.4.2. Transporte de material	47
4.4.3. Lançamento do Concreto	48
4.4.4. Instalações modulares	49
4.4.5. Escadas Pré-Moldadas	50
4.4.6. Colunas Pré-Moldadas	52
4.4.7. Fachada Industrializada	52
4.4.8. Armação da laje	54
4.4.9. Paredes em gesso acartonado	55
4.5. Adequação das técnicas aos princípios Lean	56
4.6. Segurança de trabalho	58
4.6.1. Proteção contra vento e guarda corpo	58
4.6.2. Pannel de segurança	60
4.6.3. Botão de emergência	61
4.6.4. Logística	62
4.7. Gestão	64
4.7.1. Aplicação de BIM	64
4.7.2. Planejamento de longo prazo	64
4.7.3. Planejamento de médio prazo	65
4.7.4. Planejamento de curto prazo	66
4.8. Análise dos pontos de gestão	68

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
APÊNDICES	73

1. INTRODUÇÃO

As diferenças no modo de construir variam de maneira significativa dependendo do local. É fácil notar, por exemplo, diferenças entre o mercado da construção civil entre os diferentes estados brasileiros. As diferenças são ainda maiores se compararmos o modo de construir do Brasil com outros países. Este trabalho apresenta uma contextualização da construção civil britânica, identificando estratégias e o papel das diversas entidades, políticas e privadas, sobre o desenvolvimento futuro da indústria. Posteriormente concentra-se na análise de um estudo de caso de um empreendimento em Londres, Inglaterra, com intuito de identificar as principais diferenças entre o modo de construir britânico com a maneira mais usual de construção no Brasil, estrutura em concreto armado com vedação em alvenaria.

Além disso este trabalho visa coletar informações sobre qual a maneira e ferramentas de desenvolvimento de projetos, e qual o impacto que elas têm sobre o canteiro de obras. Buscou-se entender como é feito o planejamento da construção e como este planejamento funciona no dia-a-dia. E quais as principais ferramentas de gestão utilizadas pela equipe de gerência da obra

1.1. Justificativa

A Indústria da Construção Civil Brasileira apresentou nos últimos anos resultados pouco animadores, sinalizando uma crise no setor. Tal crise se deve, entre outros fatores, à crise econômica global que veio afetar o país tardiamente, devido a medidas econômicas que mascararam nossa economia local. Ainda sim o setor representa cerca de 6,4% do PIB brasileiro cerca de R\$ 383 Bilhões segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC 2016), valor significativo para o contexto geral da economia Brasileira. Empregava cerca 8,8 milhões de trabalhadores em 2013 segundo dados do IBGE (2016), quase 9% da população economicamente ativa. É salutar, portanto, buscar em mercados mais maduros tecnologias e processos que contribuam para a otimização dos recursos de maneira a melhorar o desempenho da Indústria nacional como um todo. Neste sentido a Indústria da Construção Civil Britânica que representa 6,4% do PIB do Reino Unido, segundo dados do Office for National Statistics (ONS, 2015)

com valor estimado de £92 Bilhões, que é historicamente um mercado bastante estável e maduro pode servir como fonte de aprendizado.

Tendo isto em mente este trabalho visa analisar uma obra de maneira a identificar softwares e metodologias utilizadas para o projeto de edifícios, identificar técnicas construtivas mais avançadas tecnologicamente, que tragam maior eficiência do que as comumente usadas no Brasil. Identificar as metodologias de planejamento realizadas antes do início da obra além do métodos de monitoramento do planejamento utilizados no dia-a-dia da obra.

1.2. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Estudar uma obra em Londres, avaliando aplicação do BIM, *Lean Construction* e práticas de gestão empregadas.

1.1.1.1. Objetivos Específicos

- Identificar os softwares e metodologias utilizadas pelos projetistas do empreendimento
- Identificar as técnicas construtivas usadas na obra
- Identificar o processo de planejamento realizado antes do início da obra
- Identificar as ferramentas de gestão utilizadas durante a obra
- Analisar se as técnicas construtivas utilizadas condizem a filosofia *lean construction*

1.1.2. Limitações e Delimitações

A análise deste estudo de caso foi limitada devido à dificuldade de coleta de informações. Portanto nenhuma análise quantitativa pode ser feita a respeito da obra. Outro ponto relevante é que este estudo compreende apenas uma única obra, que apesar de pertencer a um grupo de grande escala que em tese utiliza dos mesmos métodos construtivos em todas as suas obras, ainda sim é apenas uma pequena parte da indústria da construção Britânica.

1.3. Estrutura do Trabalho

O trabalho é composto por cinco capítulos, e apresenta, deste ponto em diante, a revisão bibliográfica, no capítulo 2, que traz assuntos da literatura que servirão de base para o desenvolvimento do estudo. O capítulo 3 aborda o método utilizado para a realização da pesquisa, descrevendo os passos seguidos para a obtenção e análise dos dados.

O capítulo 4 apresenta os resultados da pesquisa, apresentando as discussões sobre os dados levantados durante a execução deste trabalho. Por fim, no capítulo 5, são feitas as considerações finais da pesquisa resgatando os objetivos específicos listados no capítulo 1.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A indústria da construção civil britânica

Cerca de 2,1 milhões de empregos, aproximadamente 6,3% do total de empregos no Reino Unido em 2014 são da indústria da construção (House of Commons Library , 2015). A indústria, mas principalmente o setor de construção de casas, teve um índice de demissões bastante alto durante a recessão. Os índices de desempenho do setor caíram mais rapidamente do que o resto da economia em 2008. Mostrando que o setor é um dos primeiros a sofrer com as crises econômicas. Em 2009 os índices demonstraram que o setor se recuperou também mais rapidamente do que o resto da economia, em 2010 e 2011 cresceu de modo contínuo, e em 2012 mais uma contração seguida de recuperação parcial em 2013, segundo dados da House of Commons Library (2015).

A indústria da construção britânica tem demonstrado percentual de participação no PIB de maneira bastante constante ao longo da última década, demonstrando como um mercado maduro se comporta no longo prazo, como pode ser visto no Quadro 1 :

Quadro 1 - Contribuição da construção civil para a economia

Contribuição do setor da construção para economia			
	£ bilhões	% de mudança	% da economia
1997	79	...	5.50%
1998	80	1.50%	5.70%
1999	81	1.30%	5.60%
2000	82	0.90%	6.10%
2001	83	1.80%	6.20%
2002	88	5.70%	6.60%
2003	92	4.80%	6.80%
2004	97	5.30%	6.80%
2005	95	-2.40%	6.80%
2006	96	0.80%	6.80%
2007	98	2.20%	6.90%
2008	95	-2.60%	6.60%
2009	83	-13.20%	6.00%
2010	90	8.50%	6.00%
2011	92	2.20%	6.30%
2012	85	-7.50%	6.00%
2013	86	1.40%	6.00%
2014	92	7.40%	6.40%

Fonte: House of Commons Library (2015).

Outro dado de relevância a ser levado em consideração é a distribuição entre as diferentes modalidades da construção, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Contribuição por setor

Faturamento da construção por setor		
	£ bilhões	% do total
Setor Privado	16.4	74%
Residencial	6.3	28%
Infraestrutura	2.5	11%
Industrial	1.0	4%
Comercial	6.6	30%
Setor Público	5.8	26%
Residencial	1.5	7%
Infraestrutura	1.6	7%
Outros		12%
Total	22.2	

Fonte: House of Commons Library (2015).

Percebe-se que o setor privado representa a maior parte, principalmente na construção comercial.

Estima-se que o setor da construção global deve crescer 70% até o ano de 2025, segundo estudo realizado pela Escola de Economia de Oxford. (Global Construction Perspectives 2025, 2013).

Tendo isto em mente, no ano de 2013 o Governo Britânico, através do departamento de “Negócios, Inovação e Habilidades”, em parceria com empresas do setor privado gerou um documento chamado “Construction 2025” que é basicamente um planejamento estratégico para o setor que visa “...estimular as empresas do setor para que tenham confiança e energia para concorrer na corrida global.” (Construction 2025, 2013).

Este documento pode ser resumido em quatro metas básicas que devem ser atingidas até o ano de 2025. São elas:

- Reduzir o custo inicial e global da construções em 33%
- Reduzir o tempo desde a concepção até a entrega dos empreendimentos em 50%

- Reduzir a emissão de gases poluentes em 50%
- Incrementar o valor de produtos e materiais exportados em 50%

Estas metas devem atingidas através ações que foram divididas entre 3 prioridades

Estratégias, ver Quadro 3:

Quadro 3 - Prioridades estratégicas

Construção Inteligente e projeto digital	Comprometimento ao programa BIM para criar uma massa crítica
	Prover suporte para que as companhias possam explorar o vasto potencial do design digital através do BIM
	Manter liderança através do desenvolvimento de protocolos e padrões em uma base internacional
Baixo carbono e construção sustentável	Desenvolver planos de investimento de mercado para construções sustentáveis
	Desenvolver planos de investimento em tecnologias para construções de baixa emissão de carbono
	Incentivar comprometimento voluntário para utilização de recursos de modo eficiente
	Criar um plano de adaptação às mudanças climáticas
Mercado Global	Explorar o potencial de competição do mercado de contratantes Britânicos
	Explorar o potencial do governo para formar uma entidade de suporte para negociações internacionais.
	Expandir o departamento financeiro de exportação
	Desenvolver campanhas de marketing para promover vantagens comparativas sobre construções sustentáveis e BIM
	Identificar medidas para promover ganhos em exportação e aumentar competitividade nacional e internacional

Fonte: Construction 2025 (2013).

2.2. BIM

Como muito da estratégia da indústria esta ligada à construção inteligente, ou seja da maneira como os empreendimentos são projetados, é importante abordar o conceito sobre BIM.

Infelizmente não é possível definir BIM (Building Information Model) de maneira simples, de tal modo que a maior publicação sobre o assunto, BIM Handbook (EASTMAN et al., 2008) apresenta primeiramente muitas definições sobre o que não é BIM para depois apresentar múltiplas definições sobre o BIM, entre elas: “Uma simulação arquitetônica inteligente” (Campbell 2006) que deve conter 6 características chave:

- Digital
- Espacial (3D)
- Mensurável
- Compreensível
- Acessível
- Durável

O surgimento dos primeiros softwares CAD (Computer aided design) foi o primeiro grande divisor de águas para a qualidade de projetos. Pode-se dizer que o BIM representa um novo patamar na qualidade dos projetos, sendo possível a partir desta nova metodologia projetar com maior precisão.

Segundo EASTMAN et al. (2008), entre as inúmeras vantagens possíveis partir da criação de um modelo vale destacar:

- Aumentar o valor dos edifícios
- Diminuir tempo de projeto
- Obter estimativas de custo confiáveis e acuradas
- Garantir compatibilidade entre projetos
- Otimizar gerenciamento e manutenção de edifícios

Como pode ser visto na Figura 1, o BIM deve idealmente abranger diversas etapas:

Figura 1 - Etapas envolvidas no BIM



Fonte: Autodesk Blog (2011).

Atualmente no mercado já existe uma grande oferta de softwares nas mais diversas disciplinas que trabalham dentro da conceito BIM, e a cada dia novas ferramentas são colocadas no mercado. Não existe uma maneira única e absoluta de organizar as diferentes opções de software uma vez que alguns softwares são capazes de atuar em mais de uma disciplina, mas a título de ilustração, seguem alguns exemplos dos softwares de maior relevância no atualmente disponíveis mercado, como pode ser visto no Quadro 4:

Quadro 4 - Softwares BIM

Arquitetura	Autodesk Revit Architecture
	Graphisoft ArchiCAD
	Nemetschek Allplan Architecture
	Gehry Technologies - Digital Project Designer
	Nemetschek Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)
	Softtech Spirit
Estrutura	Autodesk Revit Structure
	Bentley Structural Modeler
	Bentley RAM, STAAD and ProSteel
	Tekla Structures
	Graytec Advance Design
	StructureSoft Metal Wood Framing
	Nemetschek Scia
	Autodesk Robot Structural Analysis
Instalações	Autodesk Revit MEP
	Bentley Hevacomp Mechanical Designer
	4MSA FineHVAC
	Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing
	CADMEP (CADduct / CADmech)
Sustentabilidade	Autodesk Ecotect Analysis
	Autodesk Green Building Studio
	Graphisoft EcoDesigner
	IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
	Bentley Hevacomp
	DesignBuilder
Simulação de Construção e Planejamento	Autodesk Navisworks
	Solibri Model Checker
	Vico Office Suite
	Bentley ConstrucSim
	Tekla BIMSight
	Synchro Professional
	Innovaya
Gerenciamento de Edifícios	Bentley Facilities
	FM:Systems FM:Interact
	Vintocon ArchiFM
	Onuma System
	EcoDomus

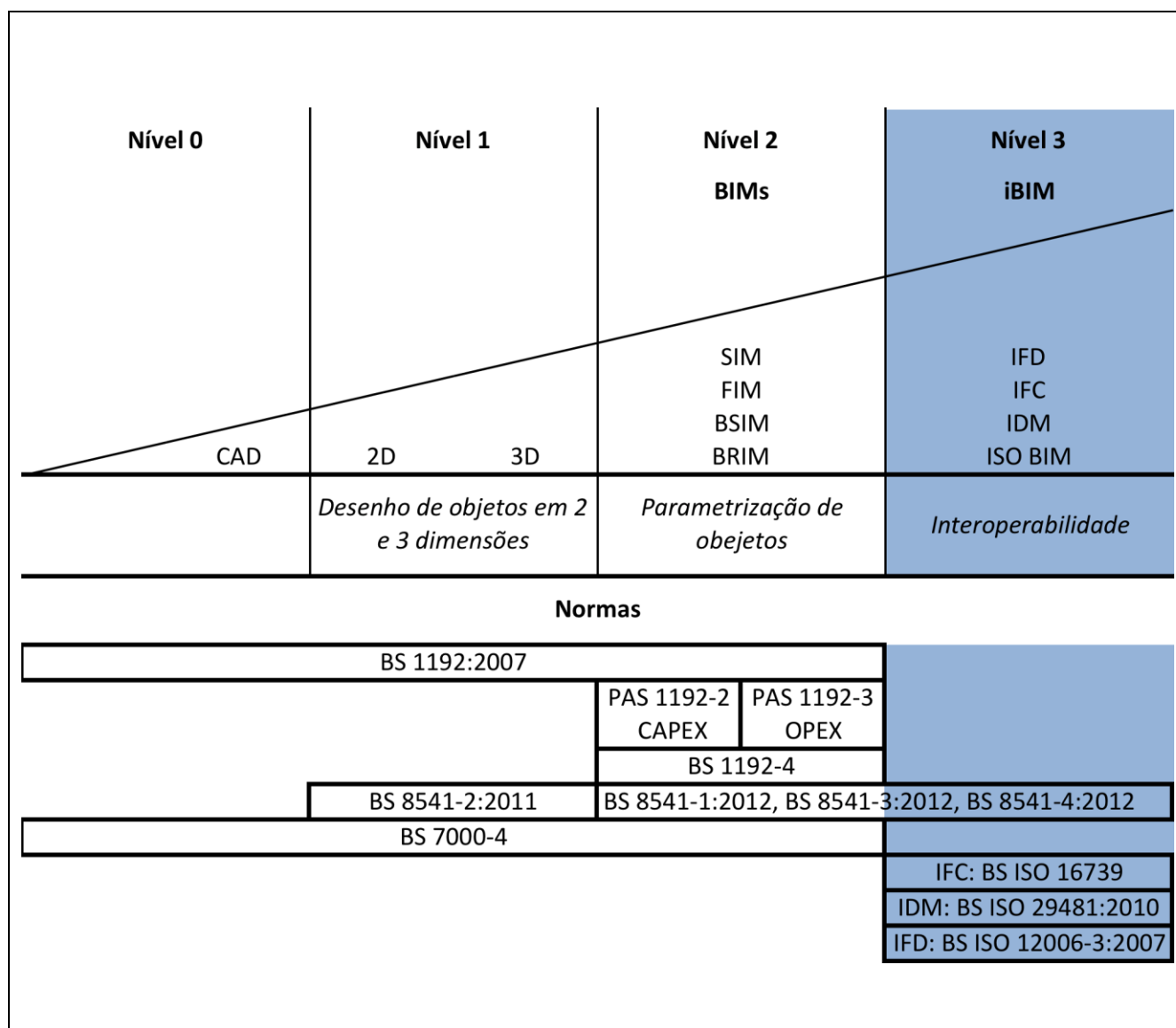
Fonte: Autor (2016).

Para que seja possível utilizar vários softwares com sinergia a indústria adotou como padrão internacional os arquivos do tipo .IFC (Industry Foundation Classes), que define protocolos para troca de informações entre diferentes softwares de diferentes fabricantes. Existem outros tipos de arquivos que têm o mesmo objetivo mas que não são tão amplamente utilizados ou servem a um nicho específico de softwares. São eles: IFC, IDM e ISO BIM. Portanto uma forma simples e bastante objetiva de definir se um software se enquadra como BIM ou não seria respondendo à seguinte pergunta: **“É possível importar e exportar arquivos em formato .IFC?”**, que foi o critério utilizado para elaborar a lista previamente apresentada. Isso é importante pois com a popularização do conceito muitas empresas de softwares que não são necessariamente BIM de fato têm usado dessa mídia para iludir o consumidor em benefício próprio.

Ainda que algumas empresas tenham cumprido com os protocolos .IFC em que em tese seja possível trabalhar com as mais diversas combinações de softwares entre todas as disciplinas, na prática os softwares são desenvolvidos para facilitar a vida de quem vier a trabalhar majoritariamente dentro de um mesmo ecossistema, pois a consistência de dados é maior e a facilidade para o operador também. Assim as empresas garantem a fidelização dos clientes, bom para as empresas e ruim para os consumidores.

O Reino Unido está na vanguarda quando se trata da adoção do BIM na indústria da construção civil. É fundamental estabelecer normas claras que auxiliem todos envolvidos na indústria, para tanto o BSI (British Standards Institution), instituição análoga à ABNT, criou uma série de normas com esse objetivo específico, para o fim deste estudo se faz necessária uma breve análise na norma PAS 1192-2:2013 que regulamentou a utilização desta tecnologia através de níveis de maturidade, para facilitar a contratação de projetos. Este conceito será necessário no decorrer deste trabalho. O diagrama 1 mostra os níveis de maturidade BIM.

Diagrama 1 - Nível de maturidade BIM



Fonte: British Standards Institution (2013).

A primeira informação que vem à tona é que a BSI entende o BIM como um avanço natural do CAD, que seria o BIM nível 0. Outro fato importante é que o nível mais alto de maturidade BIM, nível 3 se dá quando é possível trabalhar dentro dos protocolos .IFC através de um único modelo compartilhado sem perda de dados, como já explanado anteriormente. Entre esse dois níveis extremos existem dois níveis intermediários em que se utiliza apenas parcialmente o potencial do BIM.

Ainda dentro deste contexto vale salientar que o governo do Reino Unido tornou obrigatória a utilização de BIM nível 2 para todos os projetos de obras públicas a partir de 04 de abril de 2016, e criou uma plataforma online para auxiliar a indústria nesse sentido. Disponível em <<http://www.bim-level2.org>> acesso em 10 de jul. 2016.

Vale então definir as principais diferenças entre esses dois níveis de maturidade:

Segundo critérios do British Standard Institution (2013). Para caracterizar o nível 2 de maturidade BIM o modelo deve contemplar informações relacionadas a uma ou mais disciplinas:

- AIM – Architectural Information Model – Arquitetura
- SIM – Structural Information Model - Estrutura
- FIM – Facilities Information Model – Gerenciamento de Edifícios
- BSI – Building Services Information Model – Instalações
- BRIM – Bridge Information Model – Pontes

Nota-se aqui que a grande diferença entre o nível 2 e 3 é que no primeiro nível ainda não se faz obrigatória a interoperabilidade entre os modelos, ou seja, não é necessário que os softwares exportem os dados dentro dos protocolos IFC ou outros protocolos já mencionados.

Essa foi a forma que o governo britânico encontrou de adotar a tecnologia de maneira mais suave ao invés de forçar todos os projetistas a utilizar a tecnologia de maneira brusca.

Mas vale ressaltar que segundo documento divulgado pelo Tesouro Britânico (Budget – HM Treasury, 2016) item 7.49 diz que “O Governo irá desenvolver o próximo padrão para o setor da construção - Building Information Modelling 3” , o documento não estabelece uma data limite, mas fica claro que o governo britânico continuará investindo para que o nível 3 de maturidade seja o padrão da indústria em breve.

2.3. Filosofia Lean

Criar construções mais sustentáveis, com menor emissão de carbono, otimização de recursos e aumento de competitividade são algumas das prioridades estratégicas estabelecidas pelo Construction 2025 (2013) já apresentado no Quadro 3. Vale então a apresentação de outro conceito que amálgama estas prioridades estratégicas além de outros conceitos importantes para o entendimento do estudo de caso apresentado mais adiante neste trabalho, trata-se do Lean Construction ou construção enxuta.

2.3.1. Lean Production

Antes de entrar no conceito Lean Construction, ou construção enxuta é preciso inicialmente entender o conceito Lean Production, termo que se popularizou a partir do livro “The Machine That Changed the World” lançado em 1992 dos autores James P. Womack, Daniel Roos e Daniel Jones, livro baseado em um estudo da indústria automobilística patrocinado pelo MIT.

WOMACK et alli (1992) definem produção enxuta da seguinte maneira:

“A produção enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também menos da metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.” (WOMACK et ali, 1992,pg.3).

Os autores abordam uma filosofia de produção inicialmente desenvolvida pela Toyota no Japão logo após a 2ª Guerra Mundial, período no qual o país estava se reerguendo e onde a escassez dos recursos era um fator decisivo na economia local. Atualmente essa filosofia é amplamente estudada e utilizada em diferentes indústrias ao redor do globo. Pode-se dizer que essa filosofia

baseia-se primordialmente em evitar qualquer trabalho que não agrega valor ao produto final. Como por exemplo:

- superprodução;
- tempo de espera;
- transporte;
- excesso de processamento;
- inventário;
- movimento e defeitos.

2.3.2. Lean Construction

O lean construction, ou construção enxuta por sua vez é uma interpretação desse conceito mais amplo, aplicada à indústria da construção civil. Essa interpretação foi inicialmente proposta por Koskela (1992) e amplamente estudada e divulgada pelo IGLC- International Group for Lean Construction.

Segundo Koskela (1992) pode-se entender Lean Construction a partir de 11 princípios. São eles:

2.3.2.1. Redução das parcelas de atividades que não agregam valor

Atividades que agregam valor são aquelas que convertem material e/ou informação direcionada a atender os requisitos dos clientes e são denominadas de atividades de conversão. Aquelas que consomem tempo, recursos ou espaço mas não contribuem para atender os requisitos dos clientes são consideradas atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). Como exemplo pode-se citar a movimentação de materiais dentro do canteiro de obra, atividade que não agrega valor. Uma forma de combater esse tipo de desperdício seria implementar um arranjo físico no canteiro que minimize distâncias entre local de descarga e local de aplicação (SANTOS, 1999). A utilização de guias instaladas adequadamente dentro do layout do canteiro de obras é outro exemplo de solução para a minimização desse tipo de atividade que não agrega valor.

2.3.2.2. Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente

Como já apresentado anteriormente, agrega-se valor quando atende-se os requisitos dos clientes (KOSKELA, 1992). É fundamental portanto delimitar muito claramente qual é o escopo do produto com o cliente, para atender especificamente as reais necessidades e evitar retrabalhos frutos de comunicação ineficaz entre empresa e cliente.

2.3.2.3. Redução de variabilidade

Quanto maior a variabilidade dentro dos processos, maiores são as chances de erros, e o tempo de ciclo tende a aumentar bem como as parcelas de atividades que não agregam valor. Processos padronizados combatem a variabilidade (KOSKELA, 1992). Já para os clientes um produto uniforme é bem mais aceito.

2.3.2.4. Redução de tempo de ciclo

Tempo de ciclo de um processo pode ser definido como o somatório do tempo necessário para processamento, inspeção, espera e movimentação segundo KOSKELA, (1992). É inerente a qualquer ciclo uma parcela de tempo depreendida em atividades que não agregam valor. São essas as atividades que devem ser reduzidas para que ocorra a redução de tempo de ciclo sem prejuízo ao cliente. Sincronização de fluxos de material, mão-de-obra e programações de atividades repetitivas e padronizadas ajudam a reduzir o tempo de ciclo dos processos (SANTOS, 1999).

2.3.2.5. Minimização do número de passos e partes

Através da redução de componentes do produto ou do número de passos existentes em um fluxo de material ou informação, pode-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção (KOSKELA, 1992).

Quanto mais simples o produto final e menor a quantidade de atividades envolvidas durante o processo produtivo, mais fácil se torna o monitoramento e controle de qualidade das etapas. A utilização de elementos pré-fabricados é um exemplo de minimização de passos, dessa maneira transfere-se para a indústria de produção, ambiente onde normalmente a produção ocorre de maneira mais controlada onde é muito mais fácil alcançar o Lean.

2.3.2.6. Aumento da flexibilidade na execução do produto

Flexibilidade está conectada à capacidade de mudar a operação de alguma forma sem criar ou minimizando ao máximo a criação de atividades que não agregam valor ao cliente (SLACK, 1997). Esse conceito parece contra intuitivo dentro do contexto Lean. Trata-se de ser capaz de alterar o processo de produção para adequar-se a novas demandas do cliente.

2.3.2.7. Aumento da transparência

Quanto maior a transparência dos processos produtivos seja por meios físicos, indicadores ou outras informações relevantes ao processo, mais fácil será a correção de possíveis defeitos (KOSKELA, 1992). Além de facilitar a identificação e posterior eliminação de atividades que não agregam valor ao produto.

2.3.2.8. Foco no controle de todo o processo

O controle focado em etapas individuais do processo contribui para o surgimento de perdas (KOSKELA, 1992). Quando se gerencia o processo de produção de maneira holística é mais fácil identificar atividades que não agregam valor. Quando se trata de prazo por exemplo, de nada serve

encurtar atividades que não estejam dentro do caminho crítico. E apenas um controle global permite informações como essa.

2.3.2.9. Estabelecimento de melhoria contínua ao processo

Segundo Koskela (1992), os esforços para redução do desperdício e aumento da produtividade devem ser contínuos. Em um ambiente onde não existe nenhum tipo de conhecimento ou aplicação de *Lean* dificilmente será possível a implementação de todos esse princípios em plenitude de maneira abrupta. É salutar portanto implementar esse preceitos de maneira continua e consistente para atingir melhores resultados.

2.3.2.10. Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões

Quanto mais complexo o processo de produção maior o impacto na melhoria de fluxo e quanto maiores a perda associadas ao processo de produção, mais lucrativo se torna a melhoria do fluxo em detrimento das conversões (KOSKELA, 1992).

2.3.2.11. Benchmarking

Segundo Isatto et alli (2000), “benchmarking consiste em um processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção”.

Consiste na maneira mais rápida de melhoria dos processos, uma vez que essas melhorias já foram testadas em outras empresas. Vale ressaltar que nem sempre é possível implementar melhorias de processo simplesmente copiando-as, mas em muitos casos é possível uma adaptação para a realidade do empresa local.

Nesse sentido este estudo consiste em um grande benchmarking onde é possível identificar técnicas construtivas, e processos de gestão passíveis de adaptação para a construção civil nacional.

2.4. Gestão

2.4.1. Planejamento

Formoso (1999) define planejamento como um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle. Planejamento é um processo contínuo e dinâmico que consiste em um conjunto de ações intencionais , integradas, coordenadas e orientadas para tornar a realidade um objetivos futuro , de forma a possibilitara a tomada de decisões antecipadamente.

Em qualquer sistema de produção complexo , segundo Polito (2015), existem incertezas e variabilidades.

2.4.1.1. Longo Prazo

O planejamento de longo prazo é o menos detalhado da gestão, isso deriva do fato de que o grau de incerteza é o maior de todos, pois quanto maior o prazo maiores são as chances de variações.

Ainda segundo Polito (2015) o produto final desta fase é o plano mestre, contendo informações sobre o escopo, as principais linha de base (custo, prazo), o fluxo de produção, o projeto logístico e projetos executivos.

2.4.1.2. Médio Prazo

O gerenciamento de médio prazo busca o detalhamento da gestão de longo prazo, de forma a identificar e eliminar restrições à produção. Segundo Polito (2015) pode-se entender como restrições quaisquer atividades físicas ou recursos (pessoas, projetos, materiais, capital, informações, equipamentos, necessidades físicas) que impeçam a execução de uma atividade. Esse nível de gerenciamento normalmente tem como horizonte 90 dias, com revisões mensais.

Os principais produtos desta fase são os lotes do trabalho que devem ser realizados no próximo período e a relação das restrições associadas a cada uma, incluindo os responsáveis e prazos para sua remoção.

2.4.1.3. Curto Prazo

Polito et alli (1992 apud Polito 2015) define planejamento de curto prazo da seguinte maneira: “O gerenciamento de curto prazo busca proteger a produção por meio de combate à incerteza e garantia do fluxo contínuo das atividades, de forma a concluí-las conforme planejado.”

O gerenciamento de curto prazo trabalha com o ciclo de programação semanal com acompanhamento diário. E o produto desta etapa é a programação semanal.

2.5. Custos de mão de obra

Um fator que tem grande impacto sobre a construção civil é a disponibilidade de mão de obra e o preço, a escolha de técnica construtiva depende em última instância do custo final. No Brasil o valor do salário mínimo mensal em setembro de 2016 é de R\$880,00, ou ainda R\$4,00 por hora, de acordo com o decreto nº 8.618 em vigor desde 1 de janeiro de 2016. (Ministério do Trabalho e Emprego (2016). Segundo dados do SINDUSCON (2016) – Sindicato da indústria da construção civil da grande Florianópolis, o salário mais baixo da construção deve ser de no mínimo R\$1220,00, para o cargo de servente, ou R\$5,54 por hora.

Enquanto isso no Reino Unido o valor do salário mínimo para a mesma função é de £7.92 por hora desde abril de 2016, segundo dados do órgão britânico responsável: Her Majesty's Revenue and Customs .

Se levar em consideração a cotação do real em relação à libra esterlina, em setembro de 2016, de 4,37 de reais para libra. O salário mínimo do Reino Unido seria de aproximadamente R\$34,6 ou seja mais do que 6 vezes maior do que o salário mínimo brasileiro. Vale aqui uma ressalva, para comparar de modo justo e mais preciso os salários mínimos seria necessário uma análise de poder de compra em ambos os países uma vez que o custo de vida em Londres, local do estudo de caso é notadamente um dos maiores do mundo. Segundo dados do

Expatispan, o custo de vida de Londres é cerca de 57% mais caro do que em São Paulo, e 97% mais caro do que Florianópolis. Esse banco de dados, leva em consideração índices como o BIC Mac Index, além de dados, levantados em outros bancos de dados, referentes a preços de aluguel e outros bens de consumo. (EXPATISTAN, 2016)

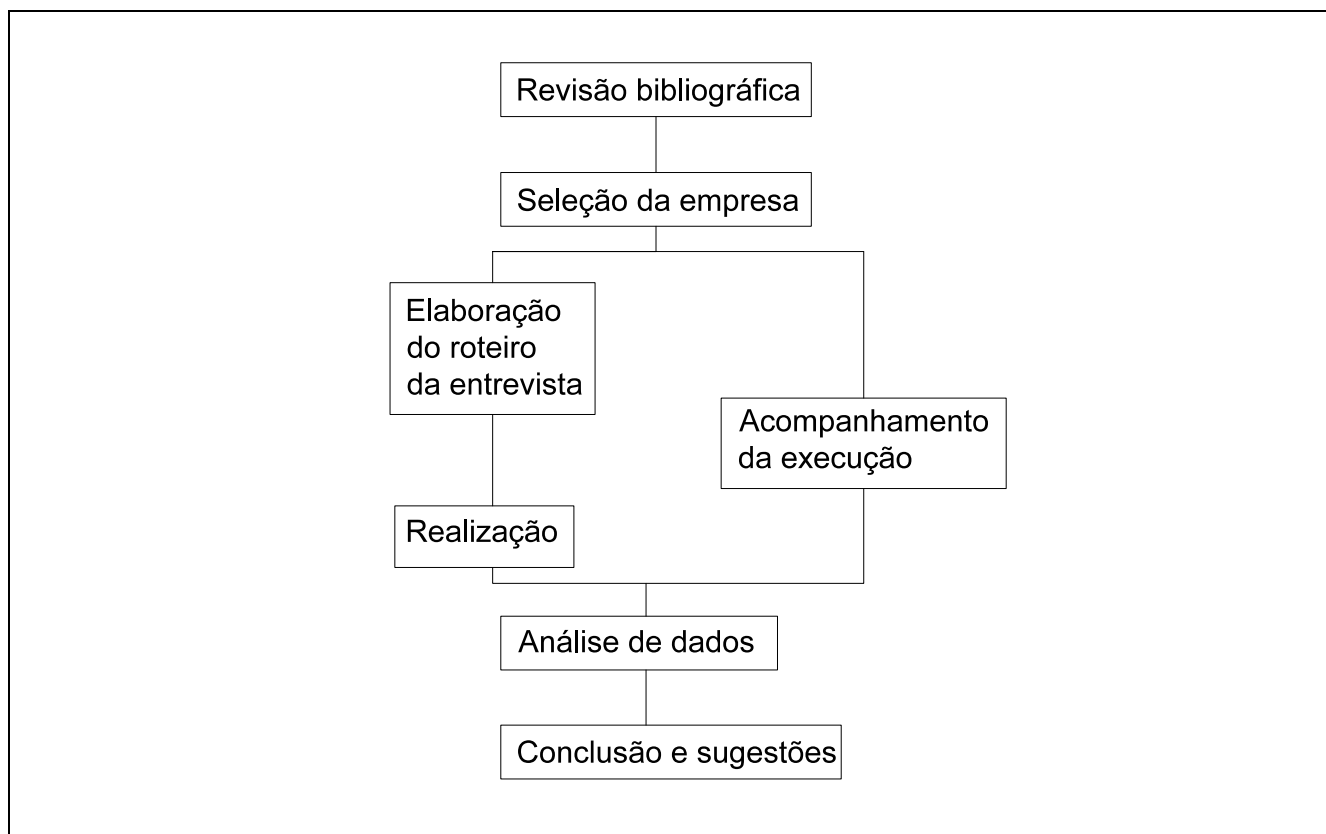
Soma-se a isso o fato de que no Reino Unido para trabalhar em obras é necessária uma série de treinamentos em segurança do trabalho, mesmo para executar tarefas simples dentro de um canteiro de obra, e que para qualquer serviço mais complexo, marcenaria, soldagem, encanamento, etc. São necessários inúmeros treinamentos, sem os quais não é possível conseguir as licenças para trabalhar em obra, fazendo com que a maioria dos trabalhadores sejam considerados mão de obra especializada, e portanto muito mais caros para as empreiteiras.

Neste caso, como o custo da mão de obra se torna mais caro, faz mais sentido optar por técnicas construtivas que reduzam a quantidade de mão de obra, e por consequência o custo da obra.

3. MÉTODO

3.1. Caracterização da pesquisa

Diagrama 2 - Fluxograma Metodologia



Fonte: Autor (2016).

O presente estudo seguiu a estratégia de estudo de caso de Yin (2001). Segundo Yin, a estratégia de estudo de caso é adequada para estudos organizacionais e gerenciais. Pode-se definir esta estratégia da seguinte maneira:

“[...] a essência de um estudo de caso, a principal tendência em todos os tipos de caso, é que ela tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.”
(SCHRAMM, 1971, p.31)

Ainda segundo Yin (2001) um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

A partir das premissas do estudo de caso buscou-se, através dos dados coletados, descrever o processo de gestão dos contratos da obra, além de entender a filosofia por trás da decisão das técnicas construtivas bem como elas afetam a maneira de gerir da obra.

3.2. Seleção da empresa

A escolha da empresa e do edifício que serve de base para este estudo de caso deu-se pelos seguintes critérios: pela sua localização, para facilitar o acesso e acompanhamento da obra, e pela sua relevância dentro do contexto de construção residencial dentro de Londres.

O empreendimento deste estudo de caso será o 8º mais alto de Londres quando concluído, além de ser construído por uma grande construtora britânica, de capital aberto com faturamento de £1.77 bilhões em 2015, com mais de 5000 funcionários e de atuação global. Portanto preenche os pré-requisitos citados anteriormente. Além disso utiliza dos mesmos sistemas construtivos e mesmo sistema de gerenciamento para todos os seus empreendimentos. Pode, portanto, ser tomado com um exemplo relevante da indústria da construção britânica.

Para conseguir acesso ao canteiro de obra o autor foi pessoalmente ao local. O contato inicial deu-se com o responsável pela equipe de logística que é responsável pela entrada de materiais e pessoas ao canteiro.

Vale ressaltar aqui a dificuldade encontrada pelo autor para conseguir a autorização para o acompanhamento da obra. Foram meses de negociação, dezenas de ligações e pelo menos dez reuniões canceladas no último instante antes de conseguir conversar mesmo que brevemente com os gerentes da obra para explicar o objetivo da pesquisa.

Depois de explicar o objetivo das visitas através de conversas informais, ficou acordado que o autor teria permissão para entrar na obra. Foi agendado um treinamento em segurança do trabalho na qual foi possível a participação do autor. Depois de participar deste treinamento foi permitido o

acesso do autor ao canteiro de obra sempre na presença de um membro da construtora ou de empresas terceirizadas.

3.3. Instrumentos de coleta e análise de dados

O roteiro de perguntas, que encontra-se no final deste estudo como anexo, foi elaborado pelo autor com auxílio da orientadora visando alcançar partes dos objetivos específicos deste estudo. Inicialmente pretendia-se coletar informações relacionadas ao cronograma da obra para traçar uma curva-s relacionando o prazo e o custo da obra. Infelizmente esse dados não foram disponibilizados. Optou-se então por levantar dados qualitativos em relação às técnicas construtivas e como elas se relacionam com a aplicação do BIM e do *Lean Construction*. Foram realizadas 4 visitas técnicas ao longo de 6 meses de acordo com disponibilidade da construtora.

Todas as visitas tiveram espaçamento de 1 mês, no mínimo, entre elas. O autor foi sempre acompanhado pelo gerente de logística da obra, responsável pela entrada materiais de pessoas na obra. Apenas na última visita o autor teve acesso à equipe de gerencia da obra e participou de uma reunião de coordenação. O roteiro de perguntas foi aplicado ao gerente da obra, os dados levantados dizem respeito às técnicas construtivas e ao gerenciamento da obra. As informações foram levantadas através de entrevista com o gerente da obra.

As técnicas observadas foram analisadas de acordo com os princípios *lean* mencionados no capítulo 2. O impacto da utilização do BIM para o projeto foi avaliado de acordo com dados fornecidos pelo gerente da obra. Procedimentos de segurança foram acompanhados e o método de gestão e planejamento foi comparado com as metodologias de planejamento de longo, médio e curto prazo apresentadas no capítulo 2.

4. RESULTADOS

4.1. Dados iniciais sobre o estudo de caso

O empreendimento estudado foi o “80 Newington Butts”, que quando pronto situará entre os 10 empreendimentos residenciais mais altos de Londres. A imagem do do edifício depois de pronto pode ser visualizada na figura 2.

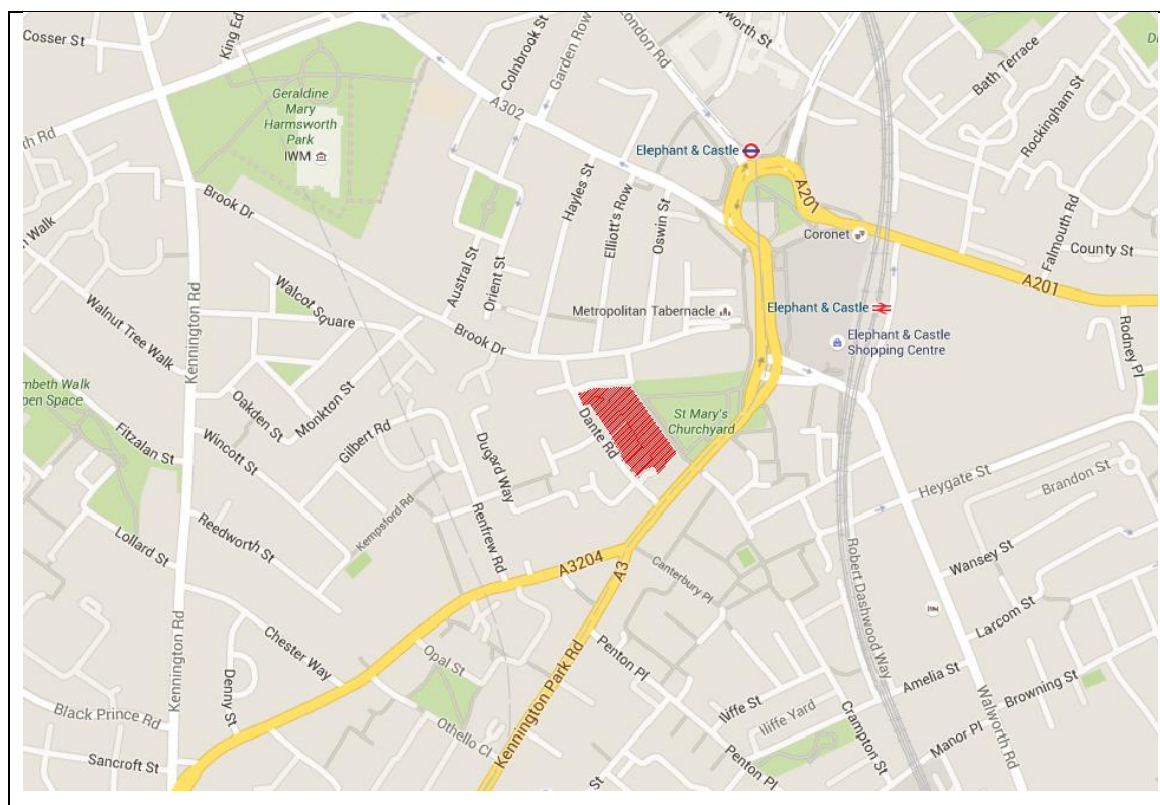
Figura 2 - Vista da fachada renderizada



Fonte: Skyscrapercenter (2015).

O empreendimento se divide em 1 torre de 43 pavimentos executada em concreto armado, com apartamentos de alto padrão e salas comerciais no pavimento térreo, e mais 4 torres de 7 andares cada, executadas em estrutura de madeira, também com salas comerciais no térreo. Este empreendimento fica localizado na região central de Londres, zona 01, na baía sul do rio Tâmesa, na região de *Elephant and Castle*, que é uma região de intensa revitalização, com diversos investimentos em infraestrutura e incorporações imobiliárias. A localização do canteiro de obra pode ser visualizada na figura 3.

Figura 3 - Localização canteiro de obras



Fonte: GoogleMaps (2016).

O quadro 5 apresenta os principais dados relacionados ao empreendimento deste estudo de caso.

Quadro 5 - Dados do Empreendimento

Localização: 80 Newinton Butts	Início : Janeiro de 2015
Custo estimado: 100 Milhões de Libras	Término da obra: Dezembro de 2017
Altura: 145m	Cliente: Greater London Authority (GLA)
Construtora: Mace	Área total: 50 000 m ²
Incorporadora: Realstar Group	Arquitetura: Rogers Stirk Harbour + Partners
Estrutura: AKT II Limited	Financiamento: Realstar Group/GLA

Fonte: Southwark Council (2014).

4.2. Dados sobre a construtora

A Mace Group Ltd, ou comumente conhecida como Mace, é uma firma global de capital aberto que atua no ramo de consultoria e construção. Sua sede fica situada em Londres. Emprega mais de 4000 pessoas em 5 continentes e faturou 1.49 bilhões de libras em 2014, segundo dados da própria empresa. O escopo de negócio abrange, planejamento, gerenciamento de projeto, consultoria em orçamento, execução de obra e ainda operação e manutenção de edifícios. Isso responde a um dos questionamentos iniciais desta monografia, que são os responsáveis pelo planejamentos e orçamentação das obras. De acordo com o Gerente encarregado deste empreendimento, existe um setor dentro do escritório da Mace que fica encarregado por orçar e planejar todas as obras. Infelizmente não foi permitido acesso aos dados de planejamento.

Mace foca em três setores estratégicos, servindo clientes privados, públicos e no setor de infraestrutura, atuando em mais de 70 países ao redor do globo.

4.3. Contexto da Obra

Para entender melhor o objetivo deste empreendimento é preciso antes entender um pouco sobre o mercado imobiliário de Londres. A economia do Reino-Unido é historicamente muito

estável, e sua capital Londres, uma das cidades mais importantes do mundo, sempre foi um grande ponto de atração para pessoas de todo o mundo. Essa combinação de fatores torna o mercado imobiliário de Londres extremamente interessante para investidores externos. Muitos dos maiores empreendimentos imobiliários de Londres são propriedade de empresas internacionais como por exemplo:

- 8 Canada Square – pertence ao banco HSBC
- The Shard – pertence ao estado do Qatar
- The Gherkin – pertence ao banco brasileiro SAFRA

Estes exemplos podem ser vistos na figura 4.

Figura 4 - 8 Canada Square, Shard, Gherkin respectivamente



Fonte: Google (2016).

Estes são apenas alguns casos emblemáticos, mas a tendência se repete. É um mercado portanto, extremamente internacionalizado, o que é muito positivo para economia em si mas que acarreta em um efeito colateral: preço exorbitantes dos imóveis devido à grande especulação imobiliária.

O preço elevado dos imóveis acaba empurrando grande parte da população para regiões mais afastadas da cidade. No entanto, um grande percentual destes habitantes trabalha no setor de comércio e serviço que ocorre principalmente na região central de Londres, o que gera uma grande demanda por transporte urbano, que por sua vez demanda grandes investimentos em infraestrutura. Segundo dados da *Transport for London* (2016), empresa responsável pelo transporte urbano de Londres, são necessários £10.4 bilhões anualmente apenas para o operação do sistema, sendo que apenas 40% desse total é gerado pela cobrança do serviço. Isso sem levar os investimentos em nova infraestrutura que além de ter custo elevado por si só, ainda aumenta o custo de operação do sistema.

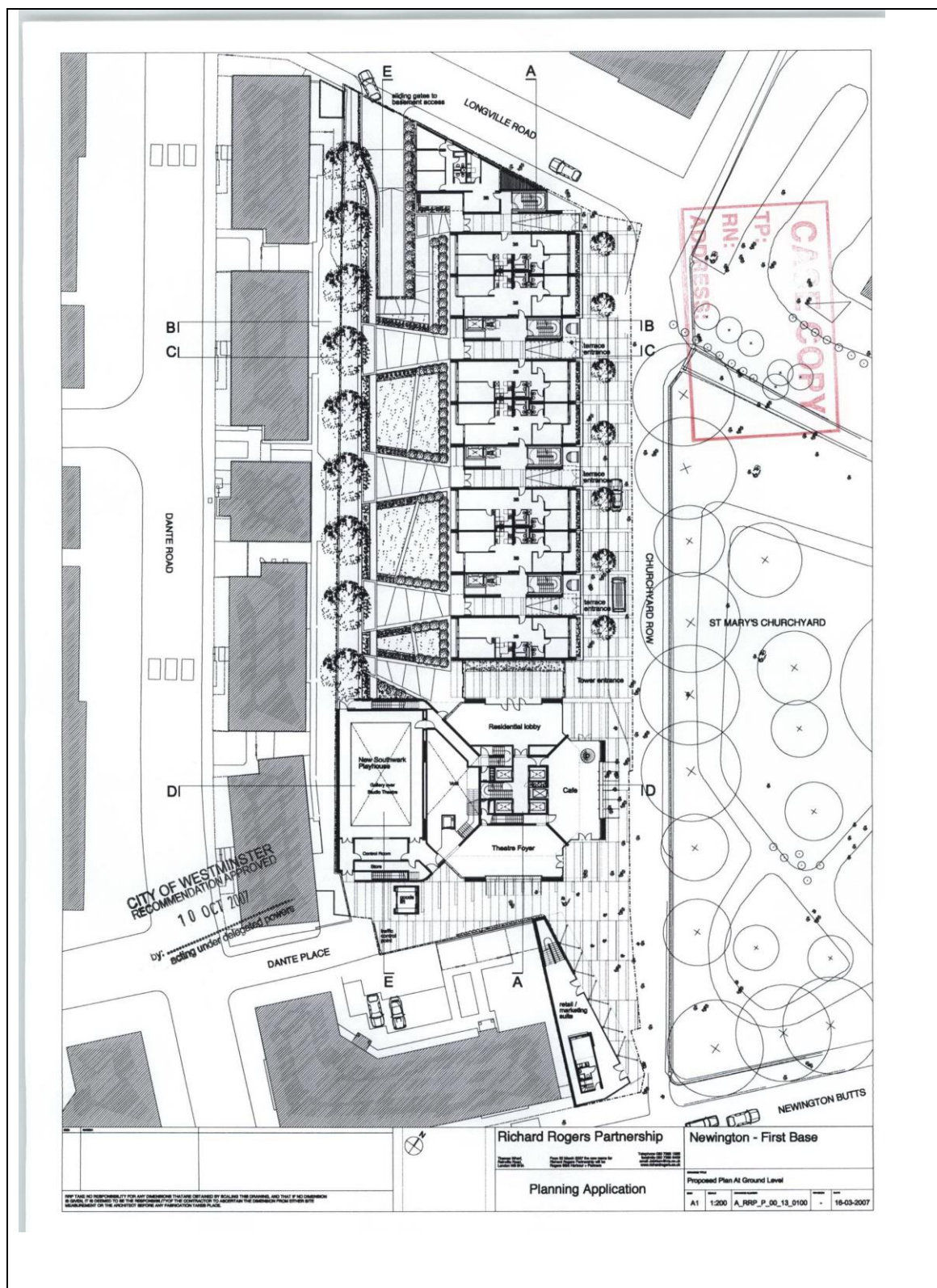
É, portanto, do interesse dos órgão públicos criar moradias mais acessíveis em regiões que já estão bem servidas com infraestrutura. É justamente com esse objetivo que o empreendimento estudado foi pensado desde 2007.

Neste caso a área de construção pertence ao município de Londres (GLA). Uma parte já havia sido utilizada para execução de um pequeno parque, e parte foi reservada para um empreendimento com esse objetivo, aproximadamente 5000 m².

Este empreendimento terá 462 unidades, sendo 278 para aluguel, e 188 para compra com preço acessível. Essa compra se dá da seguinte forma: o preço total do apartamento é dividido por 2, o comprador paga 50% e o município compra os outros 50% e o morador, apesar de ser dono paga um aluguel referente aos outros 50%, com intuito de facilitar a compra. E futuramente é possível comprar o resto do apartamento. A divisão se dará da seguinte maneira, os apartamentos situados na torre principal, serão de alto padrão e comercializados normalmente para garantir o lucro do empreendimento. Já os apartamentos situados nas 4 torres adjacentes serão subsidiados como explicado anteriormente.

A figura 5 a seguir, mostra a planta baixa do empreendimento.

Figura 5 - Planta Baixa



Fonte: City of Westminster (2007).

4.4. Técnicas construtivas

As principais técnicas construtivas serão apresentadas e analisadas segundo os critérios *lean construction*.

4.4.1. Forma trepante

A primeira técnica que chama atenção diz respeito à concretagem da estrutura principal, a utilização da forma trepante garante grande velocidade. Tal técnica já é consagrada na construção de outros grandes arranha-céus, como o *Burj Khalifa* em Dubai, *One World Trade Center* em Nova Iorque, e ainda o *The Shard* em Londres. A estrutura é baseada em um núcleo de concreto armado que é constante da base ao topo. A forma trepante concretiza em etapas e apoia-se na própria estrutura já concretada no ciclo anterior.

As figuras de 6 a 10 ilustram a aplicação da técnica:

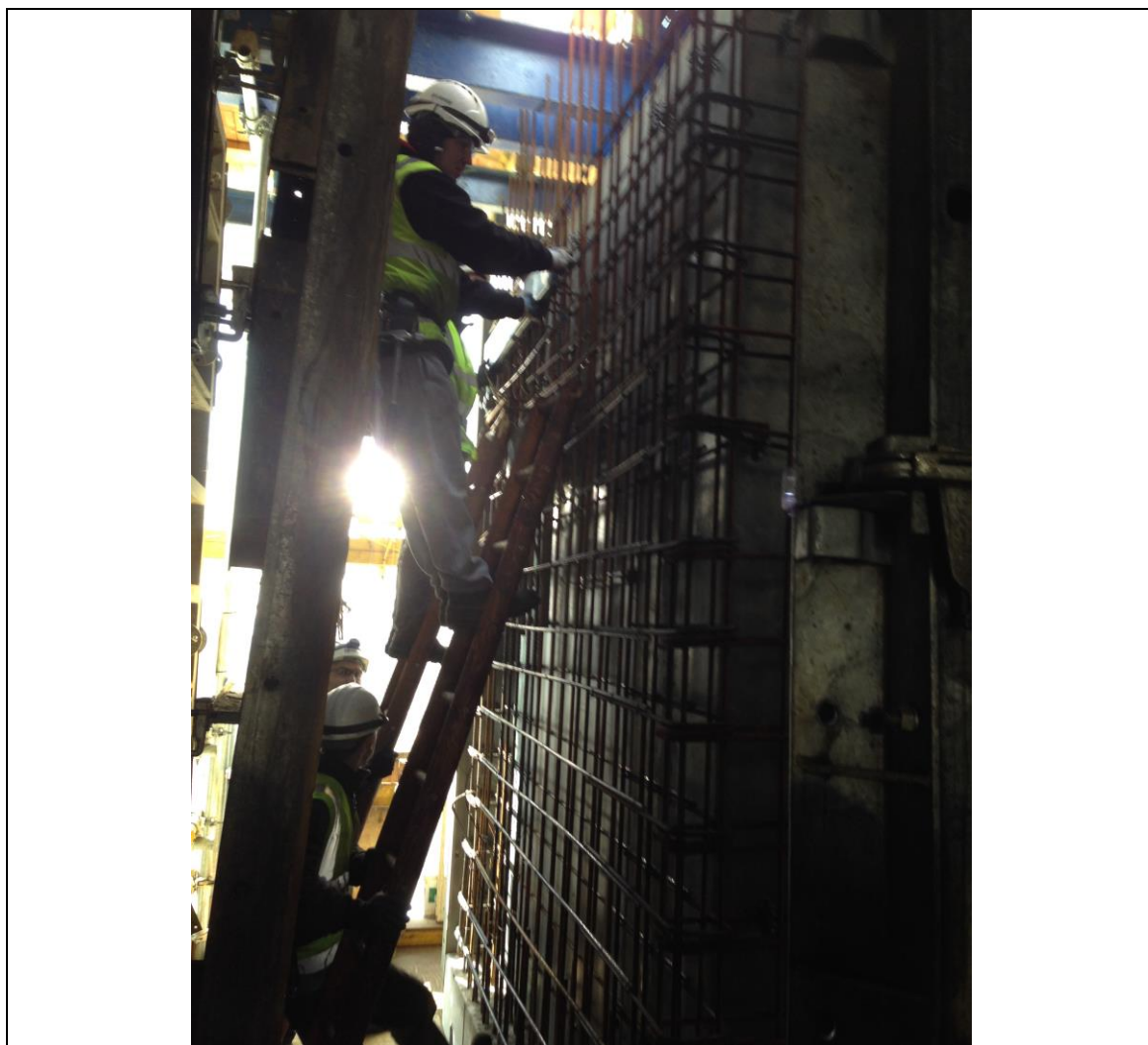
Figura 6 - Forma Trepante



Fonte: Autor (2016).

Dentro do núcleo existe espaço suficiente para a montagem da armadura de tal forma que os trabalhadores podem fazê-lo com segurança. Uma vez que todas a armaduras estão em posição procede-se para o fechamento das formas. Como a estrutura é constante da base ao topo da torre esse processo se torna repetitivo. Tornando a produção veloz, uma vez que os trabalhadores já estão habituados com o processo. A parte externa funciona como guarda corpo e também para proteção contra o vento uma vez que Londres é uma cidade com grande intensidade de ventos, o que dificulta o trabalho especialmente grandes alturas.

Figura 9 - Montagem da armadura dentro do núcleo



Fonte: Autor (2016).

Figura 10 - Formas dentro do núcleo



Fonte: Autor (2016).

4.4.2. Transporte de material

Esta obra possui três guias que em conjunto cobrem toda a área da obra. Todo o transporte vertical é feito pelas guias, incluindo pequenos volumes de concreto, escadas pré-moldadas, fachadas, banheiros e cozinhas modulares e até colunas. Esse método de transporte de material garante agilidade ao processo.

A guias podem ser vistas na figura 11.

Figura 11 - Guias

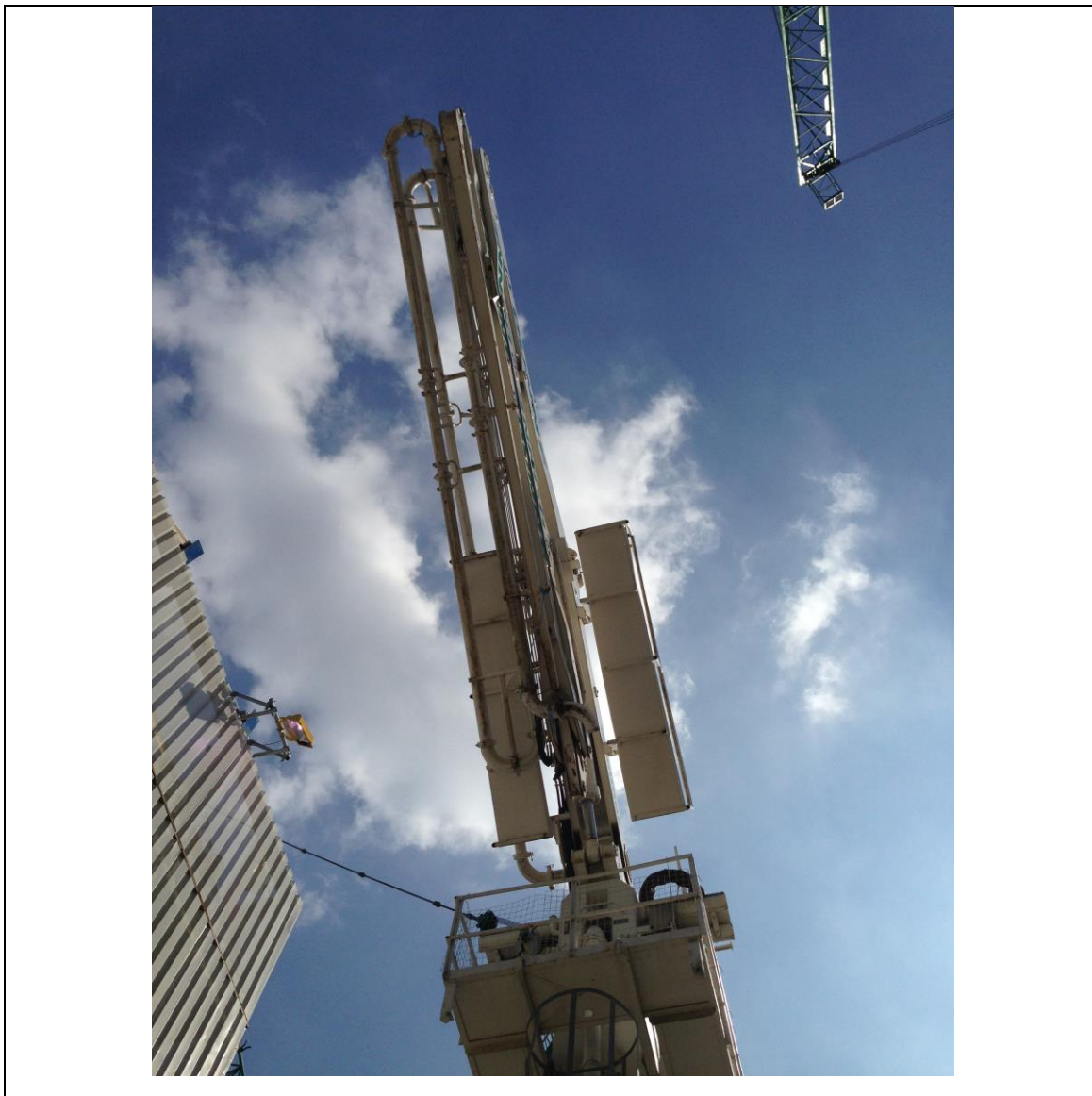


Fonte: Autor (2016).

4.4.3. Lançamento do Concreto

A concretagem de grandes volumes, como as lajes e o núcleo é feita através de bombas.

Figura 12 - Bomba com lança para concretagem



Fonte: Autor (2016).

4.4.4. Instalações modulares

Em acordo com a filosofia lean, todos os banheiros e cozinhas deste empreendimento são modulares. Eles são içados com guias e posicionados em seus respectivos andares antes da concretagem do próximo andar.

As instalações podem ser vistas nas figuras 13 e 14.

Figura 13 - Recebimento dos módulos das áreas molhadas



Fonte: Autor (2016).

Figura 14 - Módulo de banheiro esperando conexão



Fonte: Autor (2016).

4.4.5. Escadas Pré-Moldadas

A opção por escadas pré-moldadas também contribui para o objetivo de criar uma obra enxuta. Visto se não faz necessário a montagem das formas, armação e concretagem in loco.

A instalação das escadas pode ser vista nas figuras 15 e 16.

Figura 15 - Fosso à espera das escadas pré-moldadas



Fonte: Autor (2016).

Figura 16 - Escada Pré-moldada instalada



Fonte: Autor (2016).

4.4.6. Colunas Pré-Moldadas

Uma vez que o núcleo é concretado, todas as demais colunas são posicionadas e grauteadas para fixá-las na laje inferior e são suportadas por um sistema de contraventamento até receberem a laje superior que serve para consolidar a coluna à estrutura.

Como pode ser visto na figura 17

Figura 17 - Coluna pré-moldada

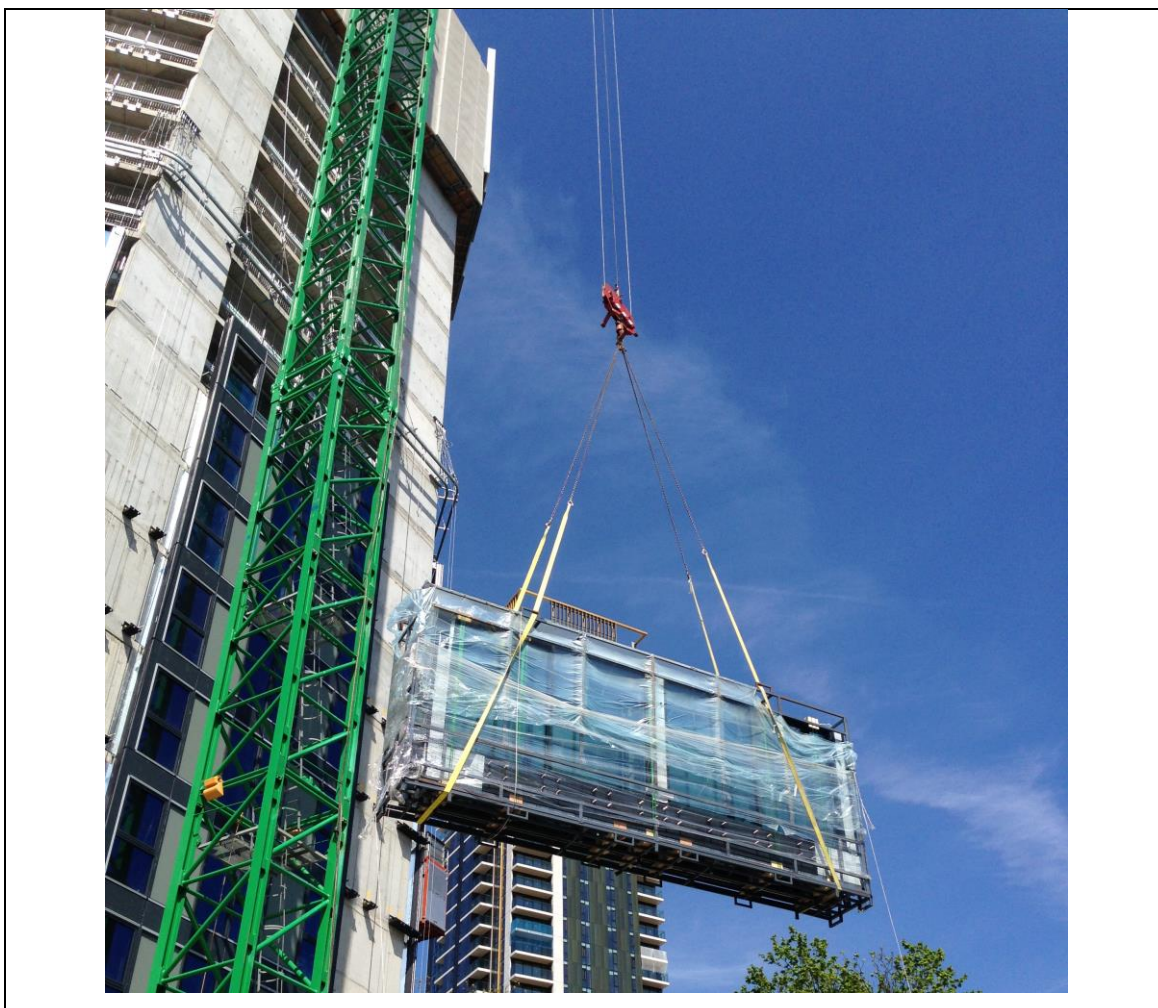


Fonte: Autor (2016).

4.4.7. Fachada Industrializada

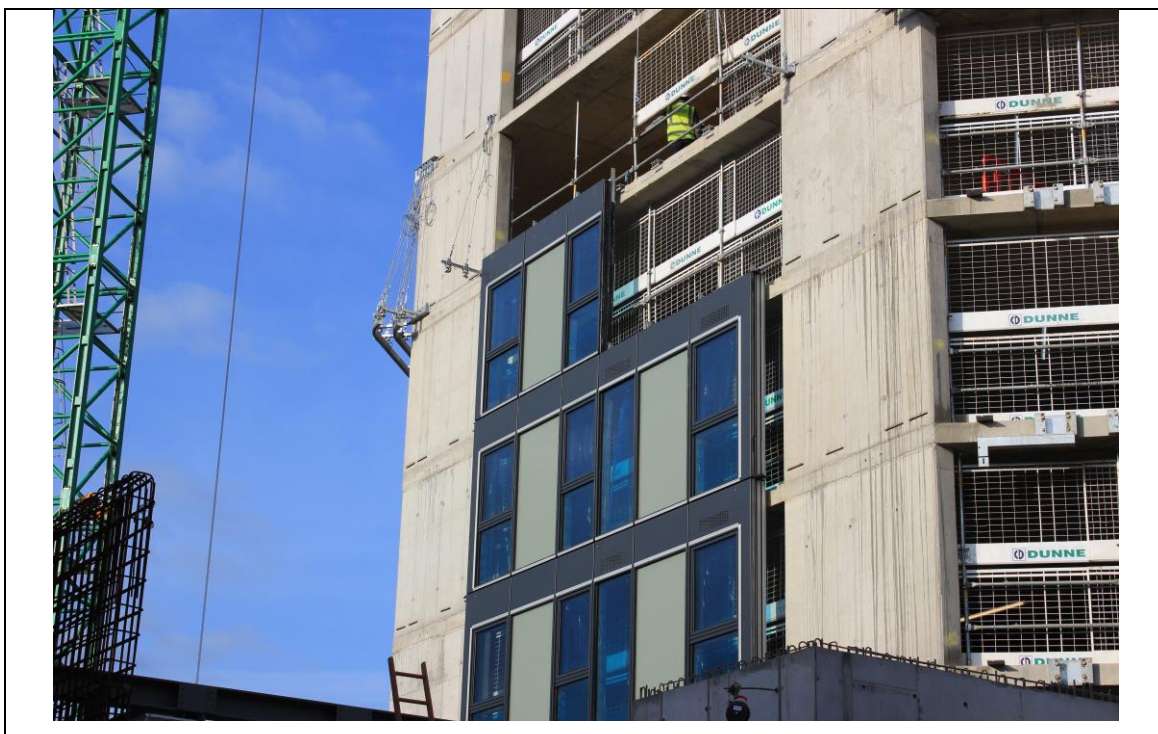
Todo o sistema de fachada é industrializado composto por janelas de vidro duplo e alumínio composto, e já serve como acabamento final. A instalação da fachada pode ser vista nas figuras 18 e 19.

Figura 18 - Transporte de Fachada



Fonte: Autor (2016).

Figura 19 - Instalação da Fachada



Fonte: Autor (2016).

4.4.8. Armação da laje

A conferência de qualidade da armação da laje pode ser vista na figura 20.

Figura 20 - Conferência da Laje



Fonte: Autor (2016).

4.4.9. Paredes em gesso acartonado

Todas as paredes do empreendimento são executadas em gesso acartonado, garantem uma obra mais limpa e enxuta como pode ser visto na figura 21.

Figura 21 - Divisória em gesso acartonado



Fonte: Autor (2016).

4.5. Adequação das técnicas aos princípios Lean

No quadro 6 a seguir é feita uma análise das técnicas construtivas em relação aos princípios *lean* apresentados anteriormente.

Quadro 6 – Técnicas X Lean

Princípio Lean	Técnica	De que forma atende
1-Redução das parcelas de atividades que não agregam valor	Transporte de material	A utilização das guias reduz o tempo de transporte dos materiais e elementos do edifício, atividade que não agrega valor.
2-Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática das necessidades do cliente	Forma trepante	Este princípio atende de maneira indireta, pois o cliente final, de modo geral, não se interessa em saber qual a técnica construtiva utilizada, desde que o produto final satisfaça critérios de qualidade, conforto, praticidade, segurança e estética. A forma que estas técnicas atendem parcialmente é permitindo alcançar estes critérios com menor tempo do que técnicas construtivas convencionais.
	Transporte de material	
	Instalações modulares	
	Elementos pré-moldados	
	Fachada industrializada	
3-Redução de variabilidade	Forma trepante	Montagem da forma é igual para todos os andares, tornando o processo repetitivo e menos sujeito a variabilidade.
	Instalações modulares	Execução dos módulos na indústria garante menor variabilidade do que se fosse montados na obra.
	Elementos pré-moldados	A concretagem na indústria permite maior controle e garante menor variabilidade.
	Fachada industrializada	A execução da fachada na indústria garante maior controle durante a confecção e portanto menor variabilidade.

Fonte: Autor (2016).

Quadro 6 – Técnicas X Lean

4-Redução de tempo de ciclo	Forma Trepante	Torna o ciclo da montagem mais rápido do que a montagem de uma forma convencional.
	Transporte de material	Torna o ciclo mais rápido do que o transporte por elevador.
	Instalações modulares	Transfere o ciclo de execução para a indústria e portanto reduz o tempo de ciclo do elemento apenas para o tempo de instalação na obra.
	Elementos pré-moldados	
	Fachada industrializada	
5-Minimização do número de passos e partes	Instalações modulares	A utilização de elementos pré-fabricados, acaba por transferir as etapas de execução para a indústria. Reduzindo o número de etapas na obra.
	Elementos pré-moldados	
	Fachada Industrializada	
7-Aumento da transparência	Elementos pré-moldados	Estas técnicas permitem a visualização e inspeção dos elementos antes de sua instalação.
	Fachada industrializada	
	Instalações modulares	
11- Benchmarking	Forma Trepante	Segundo informações do gerente da obra, todas estas técnicas são utilizadas em outras obra da construtora. Existe portanto um <i>benchmarking</i> dentro da própria empresa buscando aprimorar a aplicação destas técnicas em cada novo empreendimento.
	Transporte de material	
	Instalações modulares	
	Elementos pré-moldados	
	Fachada Industrializada	

Fonte: Autor (2016).

4.6. Segurança de trabalho

Um aspecto importante para se observar são as práticas sobre segurança do trabalho. Um estudo realizado por Mutti et al. (2000) comparou a norma NR18 (Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção) com a Diretiva 92/57/CEE (Diretiva do Conselho da Comunidade Econômica Européia, com data de 24/06/92, relativa às *disposições mínimas de segurança e de saúde que devem ser aplicadas em obras de construção temporárias ou móveis*). Segundo este estudo a norma brasileira é similar em nível e requisitos à norma da Comunidade Europeia, mas no Brasil os números de acidentes chegavam a 10 vezes os da comunidade Europeia.

Nesta seção, serão discutidos aspectos que mais chamaram a atenção relacionados à segurança do trabalho. Ficou claro ao longo das visitas a seriedade com que é levada a segurança do trabalho dentro do canteiro de obra. Todos os funcionários se mostraram bastante protocolares. Mesmo para a simples visita foi exigido um treinamento de segurança que ocorre semanalmente com os funcionários. Esse treinamento é obrigatório para funcionários que estão começando na obra, mas também para funcionários que apresentaram algum tipo de conduta insegura, como falta de uso de EPIs.

4.6.1. Proteção contra vento e guarda corpo

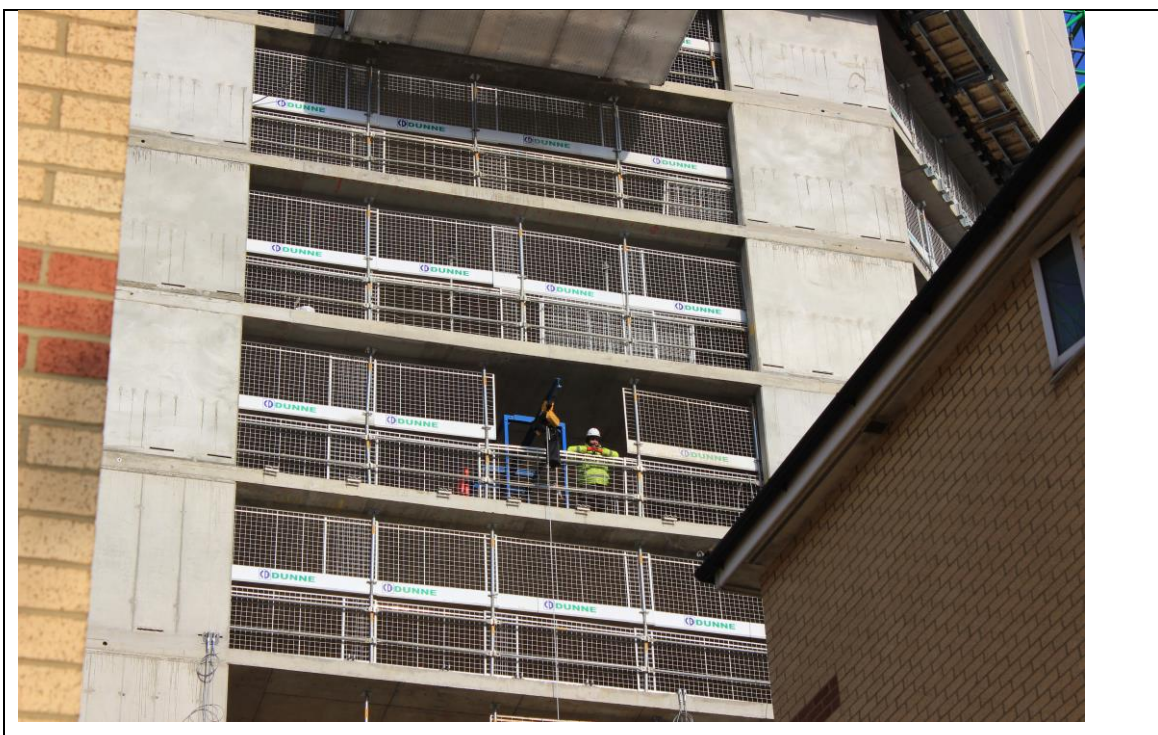
Todos os locais com potencial de queda são protegidos com algum tipo de guarda corpo, como pode ser visto nas figuras 21 a 23.

Figura 22 – Proteção contra vento



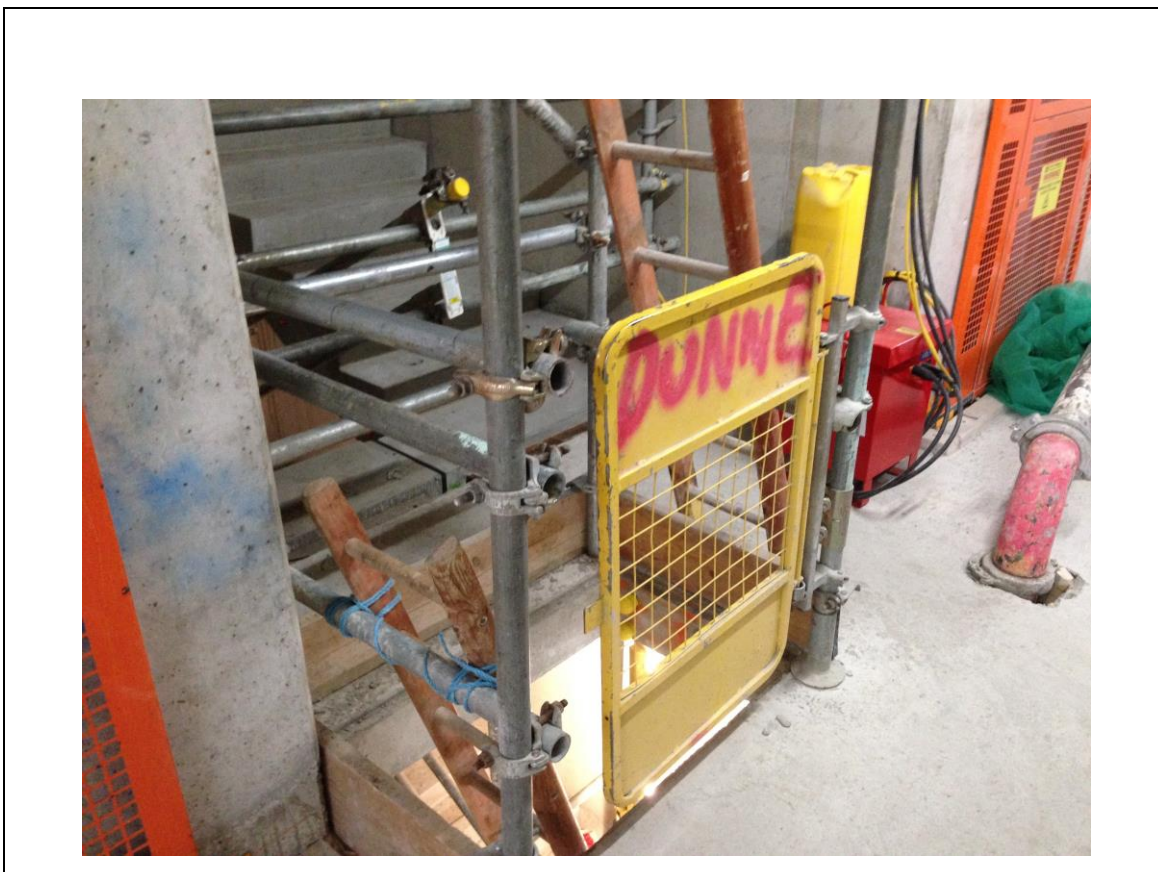
Fonte: Autor (2016).

Figura 23 – Guarda corpo



Fonte: Autor (2016).

Figura 24 - Guarda corpo escada

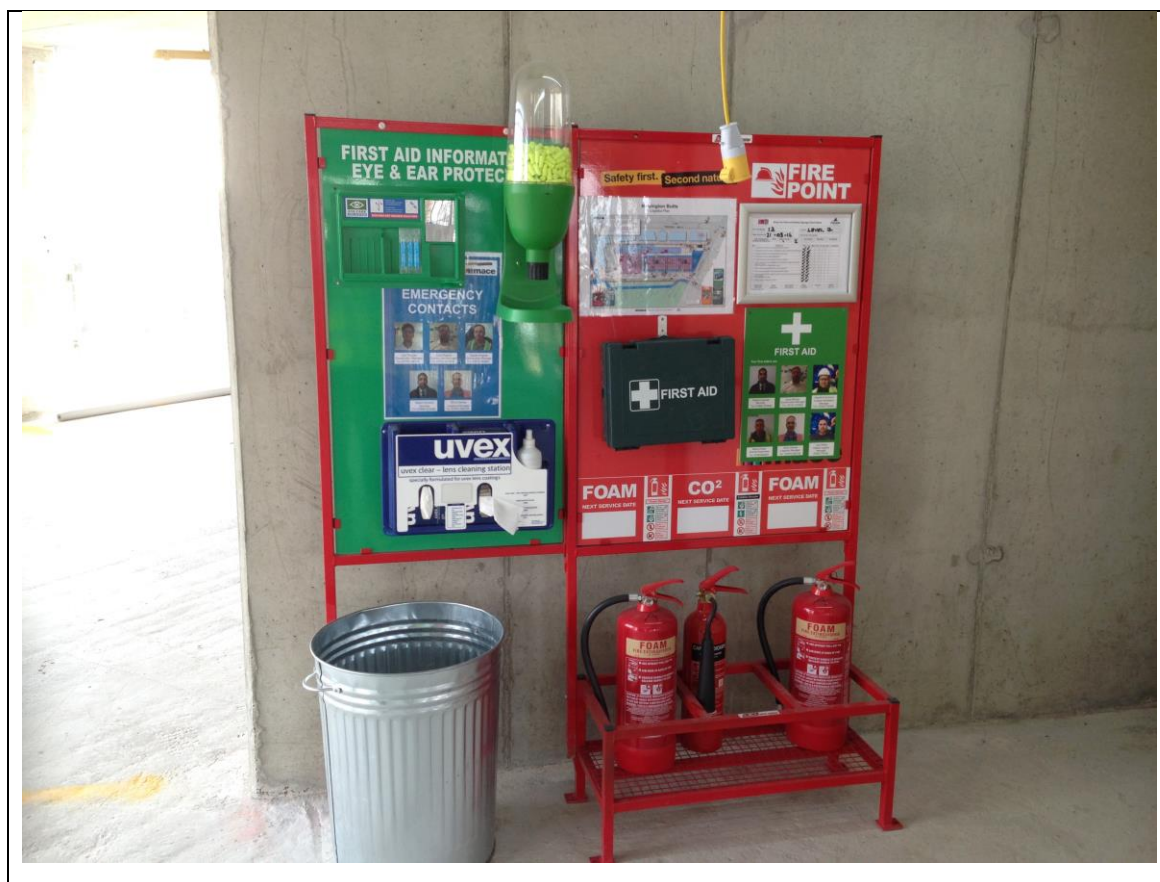


Fonte: Autor (2016).

4.6.2. Painel de segurança

Em cada andar existe um painel com protetores auriculares, lubrificantes oculares, kit de primeiro socorros, lixeira, extintores de incêndio, além de informações relevantes como rota de incêndio e contato de emergência, como pode ser visto na figura 24.

Figura 25 - Painel de Segurança



Fonte: Autor (2016).

4.6.3. Botão de emergência

Em cada anda encontra-se um botão para acionamento em caso de emergência devido à acidente de trabalho, como pode ser visto na figura 25.

Figura 26 - Botão de emergência



Fonte: Autor (2016).

Pode-se verificar que os procedimentos de segurança são levados muito a sério na obra estudada, e são aplicados com rigidez.

4.6.4. Logística

Outro aspecto que não pode deixar de ser observado diz respeito à logística nas cercanias da obra. Apesar de não ser diretamente ligado à segurança do canteiro, relaciona-se com a segurança ao redor da obra.

Existe uma grande preocupação com as cercanias da obra uma vez que o canteiro se localiza numa área central de Londres, existe portanto uma grande sinalização em todo entorno na obra e também uma equipe permanente de logística para garantir a ordem e segurança dos pedestres quando no recebimento de materiais, como pode ser visto nas figuras 26 e 27.

Figura 27 - Sinalização



Fonte: Autor (2016).

Figura 28 - Equipe de logística



Fonte: Autor (2016).

A preocupação com o logística na parte externa na obra garante maior segurança para veículos e pedestres que transitam pela área da obra.

4.7. Gestão

Nesta seção é discutida a gestão do empreendimento desde o projeto, passando pelo planejamento e gestão no dia-a-dia da obra.

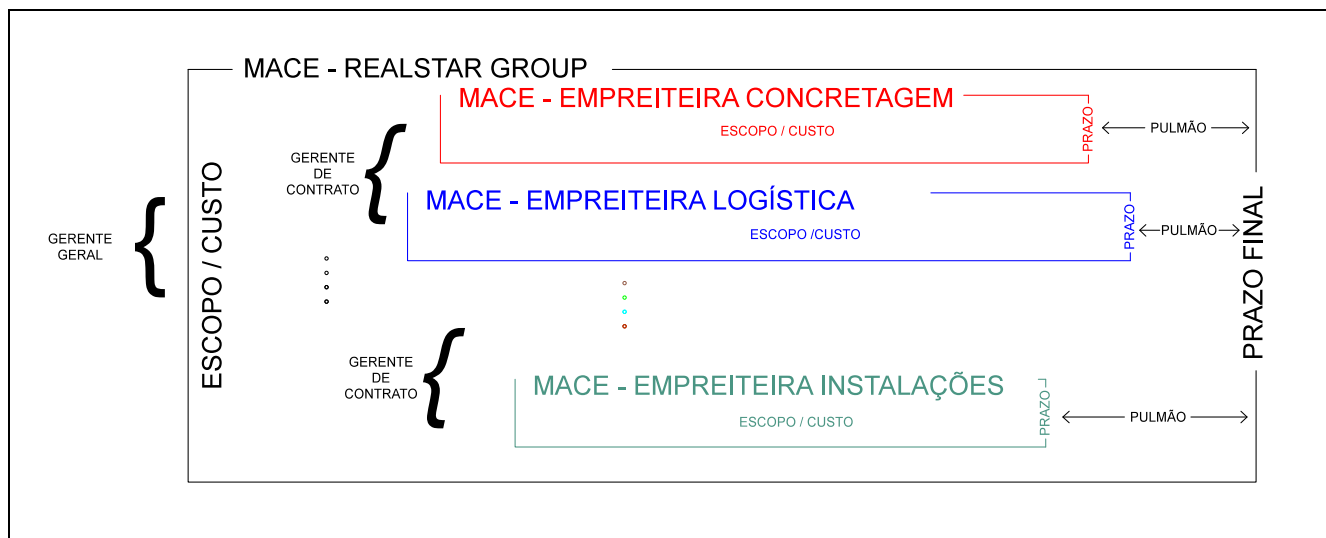
4.7.1. Aplicação de BIM

A observação da aplicação da plataforma BIM no empreendimento foi importante porque, segundo informações do gerente da Mace na obra, os projetos estruturais, arquitetônicos e de instalações foram executados em softwares BIM, e depois foram compatibilizados através do software Navisworks. Segundo critérios já apresentados sobre nível de maturidade BIM pode-se inferir que este empreendimento já pode ser classificado com nível de maturidade 3 uma vez que foi feita a compatibilização entre diferentes disciplinas. Disse que por isso a equipe de gerenciamento não tinha encontrado nenhum problema até o presente momento causado por erros de projeto ou de incompatibilização. Isso é possível graças ao uso da tecnologia e graças à vasta experiência em projeto que os escritórios de arquitetura, estrutura e instalações possuem. Segundo ele, não é feito o planejamento 4D através de BIM pois este processo ainda é oneroso demais, e agrega pouco valor para o planejamento da obra.

4.7.2. Planejamento de longo prazo

Segundo informações do gerente da Mace o planejamento de longo prazo é baseado no contrato firmado entre a Mace e o cliente, nesse caso Realstar Group. A partir desse contrato, é confeccionado o que o gerente chamou de Plano Mestre que é o planejamento de longo prazo contendo as principais informações referentes ao projeto: escopo, custo, prazos. Este Plano Mestre é elaborado dentro da própria empresa, uma vez que ela tem um setor específico para elaboração de planejamento e consultoria. A partir desse Plano Mestre são realizados os contratos menores com todas as demais sub-empresas. Vale ressaltar aqui que a Mace não possui mão de obra própria, e que portanto todos os trabalhadores estão vinculados às sub-empresas. Isso torna o trabalho da Mace essencialmente em gerenciar contratos. O diagrama 3 mostra a gestão dos contratos.

Diagrama 3 - Gestão de Contratos



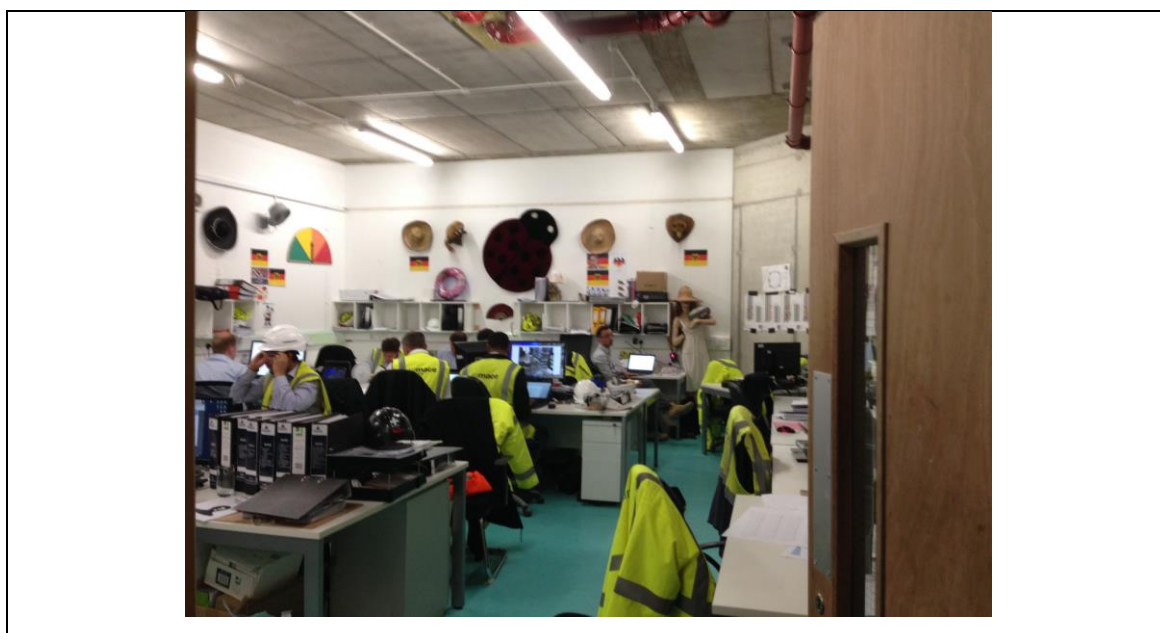
Fonte: Autor (2016).

4.7.3. Planejamento de médio prazo

Uma vez que todos os contratos são firmados, passa-se para o detalhamento dos pacotes de trabalho. Os gerentes determinam junto com os sub-empreiteiros qual será o planejamento da obra para então elaborar as ferramentas de controle adequadas. Nesta obra o gerente nos disse que planejamento é elaborado através de diagramas de Gantt e linhas de balanço. No entanto, não foi permitido o acesso a essas informações, pois são consideradas sigilosas pela equipe. O gerente informou que o planejamento estava cerca de 5 semanas atrasado no momento da entrevista, de acordo com o cronograma, mas que o prazo final do contrato principal estava assegurado, uma vez que os contratos individuais são confeccionados com uma certa margem de erro. Essa técnica é comumente conhecida na literatura como pulmão. Informou, também que todos os contratos individuais apresentam termos com multas pesadas para o atraso de conclusão. Isso garante celeridade por parte das sub-empreiteiras.

A equipe da Mace que trabalha neste canteiro é composta por 24 pessoas, sendo que 10 são gerentes de projeto. Segundo informações do gerente é comum que cada gerente seja responsável por 2 ou 3 contratos. Existe um Gerente geral que é responsável pelo contrato mestre. Na figura 28 pode-se observar o escritório da Mace na obra.

Figura 29 - Escritório MACE



Fonte: Autor (2016).

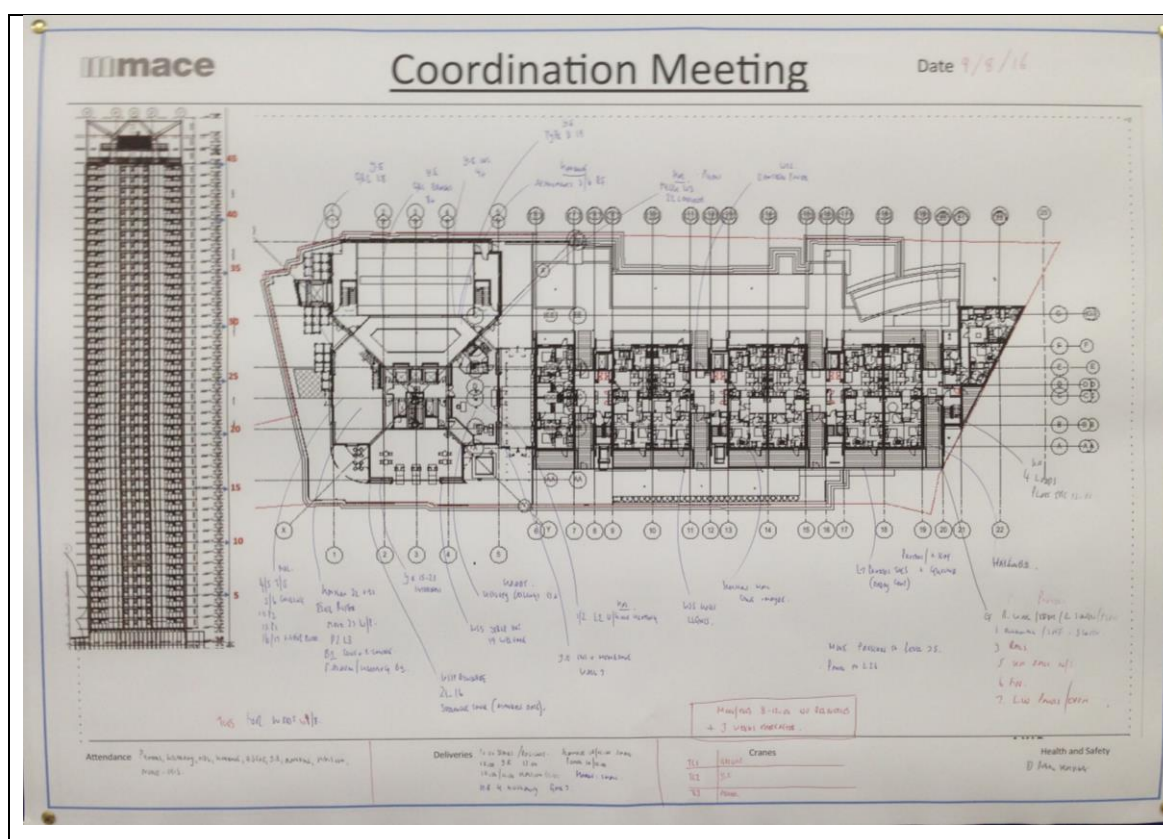
4.7.4. Planejamento de curto prazo

Outro ponto importante para o bom funcionamento da obra é a reunião de coordenação é executada como planejamento de curto prazo, ela ocorre diariamente na obra às 15hrs da seguinte maneira:

Participam da reunião um ou mais gerentes da Mace, e todos os encarregados das empreiteiras que estão trabalhando no canteiro naquele momento. Nesta reunião eram 15 empreiteiros, e o gerente informou que serão cerca de 30 no pico. Os encarregados começam apresentando-se para os demais para que fique claro quem é o responsável por cada equipe. Em sequência apontam quais são as frentes de trabalho em que estão trabalhando e em qual local do edifício. O gerente da obra anota numa prancha as atividades, equipe e o local, como pode ser visto na figura 24. No final desta etapa o empreiteiro traz à tona qualquer problema ou dificuldade que a equipe vem encontrando. Neste momento o gerente da Mace atua como juiz, identifica o culpado, e aponta uma solução para que o problema não volte a se repetir. Todos os empreiteiros têm o mesmo direito no final do seu repasse. Portanto é comum uma pequena discussão acalorada no final de cada repasse. A palavra final é sempre do gerente da Mace.

Vale destacar que esta reunião, em específico, a equipe que foi o principal alvo de reclamação foi a equipe de logística que é responsável pelo recebimento do material no canteiro. Segundo a reclamação dos outros empreiteiros a produção foi prejudicada pela demora na entrega de materiais. O líder de logística contra argumentou que os empreiteiros não estavam preenchendo a requisição de entrega com as informações das entregas e que ele não poderia receber caminhões sem seguir o protocolo. O gerente da Mace deu razão ao chefe da logística e pediu para que todos cumprissem os protocolos para requisição de recebimento de cargas dentro dos prazos adequados. Na figura 30 é possível ver a planta baixa do edifício onde o gerente da Mace anota as frentes de trabalho para ter certeza que não haverá conflitos causados por mais de uma equipe trabalhando no mesmo local.

Figura 30 - Mapa com localização das frentes de obra



Fonte: Autor (2016).

4.8. Análise dos pontos de gestão

Vários dos aspectos particulares de gestão, que podem ser considerados boas práticas foram observados. O quadro 8 sintetiza as principais características de gestão observadas.

Quadro 7 - Características da gestão

Características de gestão	Procedimento	Observações
Aplicação do BIM	Desenvolvimento dos projetos e compatibilização durante longo período garantindo um projeto com pequenas chances de erros.	Nível 3 de maturidade
Planejamento de Longo Prazo	Elaboração de um plano mestre contendo escopo, custo, prazos. Atenção especial ao fato que esse planejamento é realizado pelo setor de planejamento da própria empresa, e foi feito com bastante antecedência, 2007. Ou seja foi planejado durante 8 anos antes iniciar sua execução.	Serve de base para o contrato principal com o cliente.
Planejamento de Médio Prazo	Diagramas de de gantt e linhas de balanço. Existência de um gerente de logística que é responsável pela logística de pessoas e materiais dentro e fora da obra sempre buscando garantir condições de trabalho adequadas aos operadores.	Servem de base para elaboração de contratos com os sub-empregueiros
Planejamento de Curto Prazo	Reunião de coordenação com os sub-empregueiros diárias para garantir uma boa execução do planejamento e rápido ajuste caso seja necessário.	Serve para resolução de problemas encontrados na obra

Fonte: Autor (2016).

Fica claro que todos os elementos observados neste trabalho: as técnicas construtivas, práticas de segurança e logística, utilização do BIM, o planejamento de longo, médio e curto prazo, se relacionam entre si e juntos contribuem para tornar a gestão mais eficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro objetivo específico diz respeito à investigação da maneira como se projeta, quais os softwares e tecnologias utilizados e como isso impacta no canteiro de obra, na qualidade, e na produtividade da obra. Ficou claro através das pesquisas que o governo britânico tem incentivado sistematicamente a adoção da plataforma BIM, então não é de surpreender que os grandes escritórios de projeto já estejam trabalhando com essa ferramenta. Através da entrevista com o gerente da obra ficou claro que os projetos foram criados e compatibilizados utilizando o BIM. A utilização desta plataforma tem seu potencial aumentado pela utilização de técnicas construtivas mais industrializadas o que facilitam ainda mais a modelagem dos elementos. Isso na prática reduz a quantidade de erros causados por projetos mal executados ou incompatibilidade de projetos. Facilitando a vida dos gestores dentro do canteiro de obra.

O segundo objetivo diz respeito às metodologias de construção utilizadas no estudo. Neste estudo de caso as técnicas estão alinhadas com os princípios do *lean construction* visando evitar desperdício, minimizar o uso de mão de obra e garantir sempre a segurança e dos trabalhadores minimizando os riscos. Uso de pré-moldados, forma trepante, fachada industrializada, gesso acartonado, guias e instalações modulares são exemplos desta filosofia que são utilizados nesta obra.

O terceiro e quarto objetivos dizem respeito ao processo de planejamento e gestão antes e durante a obra. Para facilitar o entendimento dividiu-se o planejamento em três níveis, longo, médio e curto prazo. A maneira como é feita o planejamento tem grande impacto na maneira como a construtora Mace opera. O planejamento é baseado em contratos firmados com as subempreiteiras, e operacionalizado através de planejamento em linhas de balanço e diagramas de gantt, além de uma reunião diária de coordenação para proteger a produção e resolver problemas gerados por conflitos entre subempreiteiros. O processo parece eficaz apesar das informações do gerente da obra que disse que o cronograma estava atrasado no momento da entrevista.

O quinto objetivo visou analisar as técnicas construtivas de acordo com a filosofia *lean construction*. Fica claro a relação entre as técnicas e a filosofia através da análise do capítulo 4. Vale aqui um breve comentário sobre a aplicação do *lean construction* no Brasil. Já existem iniciativas em construtoras brasileiras para implementação da filosofia *lean* em seus canteiros. É salutar

qualquer iniciativa na direção de reduzir desperdícios e tentar melhorar a produtividade. Essas iniciativas, entretanto, geralmente esbarram em barreiras relacionadas à mão de obra ou técnicas construtivas. Como se vê neste estudo a gestão e as técnicas construtivas trabalham juntas para alcançar os princípios propostos no *lean*.

Portanto o primeiro passo para uma implementação efetiva dessa filosofia de produção passa pela escolha de técnicas construtivas adequadas, que permitam maior controle e qualidade da produção. O problema é que em geral a implementação dessas tecnologias tem um grande custo inicial e enfrenta uma barreira cultural para implementação.

Outro fator que favorece o uso de técnicas mais avançadas no Reino unido é o custo da mão de obra. Como já analisado no início deste estudo, o custo de mão de obra no reino unido é muito mais caro do que no Brasil. Isso faz com que a escolha de técnicas construtivas que reduzam a quantidade de mão de obra se tornem mais interessantes do ponto de vista econômico para as construtoras.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma das principais dificuldades desse trabalho foi coletar e analisar quantitativamente a gestão do empreendimento. Seria interessante então um trabalho em que fosse possível comparar quantitativamente a eficiência na gestão de empreendimentos de porte similar no Brasil e no Reino Unido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BLOG AUTODESK . **Banco de Dados**. Disponível em:
< <http://blogs.autodesk.com/autodesk-infrabrasil/bim/>> Acesso em: 10 jul. 2016.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Banco de Dados**. Disponível em:
<<http://www.cbicdados.com.br/home/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

EASTMAN. C.; TEICHOLZ P.; SACKS R.; LISTON K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. John Wiley & Sons, Inc. 2008.

EXPATISTAN. **Banco de Dados**. Disponível em:
< <https://www.expatistan.com/>> . Acesso em 03 de nov. de 2016.

GLOBAL CONSTRUCTION PERSPECTIVES; Oxford Economics. **Global Construction 2025: A global forecast for the construction industry to 2025**. Londres: Global Construction Perspectives And Oxford Economics, 2013. p 18 - 24.

HM TREASURY – Her Majesty Treasury. **Budget 2016**. Disponível em:
<<https://www.gov.uk/government/publications/budget-2016-documents>> Acesso em: 10 jul. 2016.

HOUSE OF COMMONS LIBRARY. **Construction Industry: statistics and policy**. Briefing paper. Number 01432. Disponível em:
<<https://www.parliament.uk/commons-library>> Acesso em 10 jul. 2016

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados**. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2014/default.shtm>> . Acesso em: 10 jul. 2016.

ISATTO, E. et alli. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report, Filand: CIFE. 1992.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Banco de Dados**. Disponível em:
<<http://trabalho.gov.br/>> Acesso em: 10 jul. 2016.

MUTTI, C. N., et al. **Segurança em canteiros de obra: estudo comparativo entre as normas brasileira e europeia e benefícios atingidos na sua implantação**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA INDUSTRIAL, 6, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP/ABEPRO, 2000.

ONS - Office for National Statistics. **Banco de Dados**. Disponível em:
 <<https://www.ons.gov.uk/businessindustryandtrade/constructionindustry>> Acesso em: 10 jul.
 2016.

POLITO. G. **Gerenciamento de Obras**. Boas práticas para melhoria da qualidade e da produtividade. PINI. 2015.

SANTOS, A. **Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites**. Salford: University of Salford. 1999. Tese de Doutorado.

SCHRAMM, W. **Notes on case studies of instructional media projects**. Working paper, The Academy for Educational Development. Washington, DC. 1971

SINDUSCON. **Banco de Dados**. Disponível em:
 < <http://www.siticomfloripa.com.br/paginas/noticia/58> > Acesso em: 10 out. 2016.

TFL – Transport For London. **Banco de Dados**. Disponível em:
 <<https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/how-we-work/how-we-are-funded>> Acesso em: 10 out.
 2016.

THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION; **PAS 1192-2:2013**: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI Standards Limited. 2013.

WOMACK. J. P.; ROOS D.; JONES D. **The Machine That Changed the World**. The story of lean production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry. Free Press. 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso**. Planejamento e Métodos. Porto Alegre. Bookman. 2001. p 19.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário Aplicado à equipe de gerência

Questions:

Client:

Land owner:

Architecture:

Objective:

Estimate cost:

Total constructed Area:

Start:

Finish:

Mace did the planning?

Mace did the cost estimative?

Which areas are involved?

Do you have a standard WBS(work breakdown structure)?

BIM is used?

4D planning?

Gant diagram?

Balance lines are used for planning?

Current status? Up do date?

Are there other sub-contractors? How many and for what purposes?

Is there any meritocracy system?

Does the business have goal to reach?

How many people will be working on average at site? At peek